

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA GEOFÍSICA E ENERGIA



Eficiência no Campus Universitário: Auditoria Energética do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa

Bruno Alves Moeiro

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Dissertação orientada por:
Miguel Centeno Brito
André Miguel Cyrne do Amaral

Resumo

Este estudo consiste em realizar uma auditoria ao desempenho energético do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa no âmbito da promoção da eficiência energética no campus da UL.

Os consumos de energia elétrica são o principal foco da dissertação, mas o consumo do gás natural é igualmente abrangido.

Inicialmente começou-se por fazer um levantamento exaustivo de todo o tipo de equipamentos elétricos, desde a iluminação a mecanismos do sistema de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), aparelhos presentes nas salas, no bar/refeitório, etc. Posteriormente foi necessário recolher informação relativa aos perfis de utilizações desses equipamentos, isto é, as horas de utilização diária de cada equipamento/luminária, de forma a ir ao encontro com os consumos faturados. Para se efetuar a medição dos consumos no Quadro-Geral é necessário recorrer a um analisador de redes, sendo que é feita uma posterior análise aos dados obtidos (potência utilizada, consumo de energia ativa e reativa, entre outros). A última parte do estudo está direcionada para a apresentação de medidas de eficiência energética, assim como as respetivas poupanças geradas associadas.

As medidas incidem essencialmente na iluminação, através da instalação de tecnologia LED e sensores de movimento, no controlo e gestão dos gabinetes, com a instalação de fechaduras inteligentes e sistema de gestão de energia, nas AQS, com a instalação e/ou troca de sistemas, e na implementação de mudanças ao nível de horários de eventos, aulas e reuniões. Foram estudadas outras medidas de melhoria mas as mesmas não apresentam resultados suficientemente compensatórios.

Palavras-Chave: Auditoria; Eficiência Energética; Energia Elétrica.

Abstract

This study was developed in the context of the subject Thesis/Project of Integrated Master of Science in Energy and Environment Engineering, at the Faculty of Sciences of University of Lisbon.

The work consists on the energetic performance audit of the Social Science Institute of University of Lisbon in the context of the energy efficiency promotion in the UL campus.

The electric energy consumption is the mainly goal of the thesis but Natural Gas consumption is also addressed.

Firstly, we began to do a thorough survey of all the electric equipment, including lighting, HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) systems, office devices, bar/kitchen devices, etc. Then, we needed to collect information of the hourly profile per day of each equipment/light, in order to compare to the billed consumption. For the measurement of the electric consumption in the Main Board a grid analyzer was used, then, we examined the data obtained (power used and active and reactive energy consumption). The last part of the study is directed to the evaluation of energy efficiency measures, and the associated savings.

Proposed measures focus on lighting, with the installation of LED technology and motion sensors, control and management of energy demand in individual offices, installation of intelligent locker system and EMS (Energy Management Systems), hot water needs, with the substitution of the thermal accumulator of floor -1, and in the implementation of changes in the schedule of events, meetings and classes. Others measures were studied but showed results were shown to be not compensatory.

Keywords: Audit; Energy Efficiency; Electric Energy.

Índice

Resumo	iii
Abstract	v
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas.....	xi
Agradecimentos.....	xiii
Simbologia	xiv
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivo.....	3
1.3. Organização da Dissertação	3
Capítulo 2 – Descrição do Edifício	4
2.1. Informação geral	4
2.2. Alimentação Elétrica	5
2.3. Iluminação Interior	5
2.4. Sistema AVAC.....	6
2.4.1. Sistemas de produção	6
2.4.2. Sistema de tratamento e distribuição de ar	8
2.5. Águas Quentes Sanitárias (AQS)	10
2.6. Energias Renováveis	10
2.7. Elevadores	10
Capítulo 3 – Levantamento Energético.....	11
3.1. Introdução	11
3.2. Ocupação.....	11
3.3. Inquéritos.....	11
3.4. Espaços Comuns	11
3.5. Espaços de Serviços Alimentares.....	12
3.6. Espaços Sanitários.....	12
3.7. Espaços de Trabalho.....	12
3.8. Espaços Multiusos.....	12
3.9. Espaços Técnicos	13
Capítulo 4 – Potências e consumos do edifício.....	14
4.1. Eletricidade	14
4.1.1. Por piso.....	14
4.1.2. Por setor.....	31
4.1.3. Total	45
4.2. Gás Natural.....	49
Capítulo 5 – Faturas e validação dos consumos	50

5.1.	Energia Elétrica	50
5.1.1.	Energia Ativa.....	50
5.1.2.	Desagregação dos consumos por período tarifário.....	52
5.1.3.	Energia Reativa	53
5.2.	Gás Natural.....	54
5.3.	Emissões de CO ₂	56
5.4.	Consumos totais de Energia Primária	56
5.5.	Intensidade Carbónica	57
Capítulo 6 – Medidas de Racionalização Energética		58
6.1.	Melhoria 1 – Instalação de iluminação LED.....	58
6.2.	Melhoria 2 – Instalação de sensores de presença/movimento.....	61
6.3.	Melhoria 3 – Sistema de fechaduras eletrónicas de segurança e sistema de gestão de energia.....	63
6.4.	Melhoria 4 – Bombas de circulação com variação de velocidade.....	65
6.5.	Melhoria 5 – Instalação de SST para substituir os termoacumuladores dos pisos 0 e 5 ...	66
6.6.	Melhoria 6 – Substituição do termoacumulador do piso -1	67
6.7.	Melhoria 7 – Instalação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo.....	69
6.8.	Melhoria 8 – Mudanças de horários de algumas salas	71
Capítulo 7 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros.....		72
Capítulo 8 – Referências bibliográficas		74
Capítulo 9 – Anexos.....		75

Índice de Figuras

Figura 1 - Vista Aérea dos edifícios do ICSTE.....	4
Figura 2 - Entrada do edifício do ICS	4
Figura 3 - Valor percentual de quantidade por tipo de lâmpada	6
Figura 4 - Descrição das referências dos refrigeradores HPAC [6]	7
Figura 5 - Representação de um refrigerador do tipo U (underfloor air flow) [6]	7
Figura 6 - Representação de um refrigerador do tipo O (upward air flow) [6]	8
Figura 7 - Representação em CAD da disposição dos sistemas de tratamento e distribuição de ar no piso 6	9
Figura 8 - Representação em CAD da disposição dos sistemas de exaustão (VE/E 6.3) e de produção de energia térmica (AA refere-se ao <i>Chiller</i> e CA refere-se à Caldeira).....	9
Figura 9 - Desagregação da potência instalada por espaço no piso -1	15
Figura 10 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso -1	15
Figura 11 - Desagregação da potência instalada por espaço no piso 0	17
Figura 12 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso 0	17
Figura 13 - Desagregação da potência por espaço no piso 1	18
Figura 14 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso 1	19
Figura 15 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 2	20
Figura 16 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso 2	20
Figura 17 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 3	22
Figura 18 - Desagregação do consumo diário por tipo de espaço no piso 3	22
Figura 19 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 4	24
Figura 20 - Desagregação do consumo diário por tipo de espaço no piso 4	24
Figura 21 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 5	25
Figura 22 - Desagregação do consumo diário por tipo de espaço no piso 5	26
Figura 23 - Percentagens associadas às potências dos vários equipamentos do piso 6.....	27
Figura 24 - Potência instantânea do piso 6 registada pelo analisador	28
Figura 25 - Percentagens associadas ao consumo diário dos equipamentos do piso 6	29
Figura 26 - Consumo diário do piso 6 registado pelo analisador	30
Figura 27 - Desagregação de potências por piso.....	31
Figura 28 - Desagregação do consumo diário por piso	31
Figura 29 - Desagregação da potência instalada por piso no setor dos gabinetes.....	32
Figura 30 - Desagregação do consumo diário por piso no setor dos gabinetes.....	33
Figura 31 - Desagregação da potência instalada por piso no setor dos corredores	34
Figura 32 - Desagregação do consumo diário por piso no setor dos corredores	34
Figura 33 - Desagregação da potência instalada por espaço no setor dos espaços de apresentação	35
Figura 34 - Desagregação do consumo diário por espaço no setor dos espaços de apresentação	35

Figura 35 - Desagregação da potência instalada por piso no setor das cozinhas	36
Figura 36 - Desagregação do consumo diário por piso no setor das cozinhas	36
Figura 37 - Desagregação da potência instalada por tipo de equipamento no setor do material informático	37
Figura 38 - Desagregação do consumo diário por tipo de equipamento no setor do material informático	38
Figura 39 - Desagregação da potência instalada por tipo de lâmpada	39
Figura 40 - Desagregação do consumo diário por tipo de lâmpada	39
Figura 41 - Desagregação da potência instalada no setor dos elevadores	40
Figura 42 - Desagregação do consumo diário no setor dos elevadores.....	40
Figura 43 - Desagregação da potência instalada por equipamento no setor de AVAC.....	42
Figura 44 - Desagregação do consumo diário por equipamento no setor de AVAC	42
Figura 45 - Percentagens associadas à potência de cada equipamento	43
Figura 46 - Percentagens associadas ao consumo diário de cada equipamento	44
Figura 47 - Desagregação de potências por setor.....	44
Figura 48 - Desagregação de consumos por setor.....	44
Figura 49 - Potências instalada e utilizada no edifício.....	45
Figura 50 - Potência instantânea registada pelo analisador.....	46
Figura 51 - Consumo estimado por piso	46
Figura 52 - Consumo estimado por setor	47
Figura 53 - Consumo diário registado pelo analisador.....	48
Figura 54 - Estimativas de consumo de GN do edifício.....	49
Figura 55 - Consumos mensais médios para cada período e ano	51
Figura 56 - Estimativas mensais do consumo de energia elétrica	51
Figura 57 - Descrição das horas relativas a cada período tarifário.....	52
Figura 58 - Desagregação do consumo por período tarifário	53
Figura 59 - Consumos e gastos com a energia reativa	54
Figura 60 - Variação mensal do consumo faturado de GN para cada ano	55
Figura 61 - Evolução do consumo mensal de GN vs Temperatura média mensal.....	55
Figura 62 - Emissões mensais de CO ₂ associadas ao consumo de energia elétrica e gás natural	56
Figura 63 - Sistema VingCard Signature RFID	63
Figura 64 - Simulador de poupanças KSB (exemplo para bombas de 550 W).....	65
Figura 65 - Termoacumulador de 50 L do piso 5.....	68
Figura 66 - Área disponível para instalação do PV – orientada a Norte (fonte: Google Earth).....	69

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Quantidade e potência de cada tipo de iluminação	5
Tabela 2 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso -1	14
Tabela 3 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 0	16
Tabela 4 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 1	17
Tabela 5 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 2	19
Tabela 6 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 3	21
Tabela 7 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 4	23
Tabela 8 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 5	25
Tabela 9 - Equipamentos, e respetivas potências, instalados no piso 6	26
Tabela 10 - Consumos referentes ao piso 6.....	28
Tabela 11 - Potência e respetivos consumos relativos aos gabinetes de cada piso	32
Tabela 12 - Potência e respetivos consumos relativos aos corredores de cada piso	33
Tabela 13 - Potência e respetivos consumos relativos aos espaços de apresentação	34
Tabela 14 - Potência e respetivos consumos relativos às cozinhas do edifício.....	35
Tabela 15 - Potência e respetivos consumos relativos aos equipamentos informáticos.....	37
Tabela 16 - Potência e respetivos consumos relativos aos tipos de luzes	38
Tabela 17 - Potência e respetivos consumos relativos aos elevadores	40
Tabela 18 - Valores relativos às correntes trifásicas dos equipamentos de AVAC	41
Tabela 19 - Potência dos equipamentos das unidades de ar do sistema de AVAC.....	41
Tabela 20 - Consumo mensal para período de Verão e de Inverno.....	42
Tabela 21 - Potência e respetivos consumos relativos às AQS	43
Tabela 22 - Consumos diário e mensal para o edifício inteiro	47
Tabela 23 - Faturais mensais de energia elétrica referentes aos anos de 2013 e 2014.....	50
Tabela 24 - Consumo anual estimado e faturado	52
Tabela 25 - Consumo de energia reativa em 2013 e 2014	53
Tabela 26 - Faturas mensais referentes ao consumo de GN.....	54
Tabela 27 - Kgep associados aos consumos elétrico e de gás natural de 2013 e 2014	57
Tabela 28 - Intensidade Carbónica associada a cada ano.....	57
Tabela 29 - Características da iluminação ambiente e investimento associado	59
Tabela 30 - Consumos, custos e respetivo <i>payback</i> da substituição	59
Tabela 31 - Características da iluminação ambiente e investimento associado	59
Tabela 32 - Consumos, custos e respetivo <i>payback</i> da substituição	60
Tabela 33- Características da iluminação ‘candeeiro’ e investimento associado.....	60
Tabela 34 - Consumos, custos e respetivo <i>payback</i> da substituição	61
Tabela 35 - Localização e tipo de sensores e respetivo investimento	62
Tabela 36 - Componentes associados à instalação das fechaduras eletrónicas	64
Tabela 37 - Componentes associados à instalação do SGE.	64

Tabela 38 - Poupanças estimadas pelo simulador da KSB.	65
Tabela 39 - Descrição do coletor solar térmico dimensionado	66
Tabela 40 - Parâmetros de input a considerar no <i>software</i>	67
Tabela 41 - Resultados obtidos da simulação do sistema solar térmico.....	67
Tabela 42 - Descrição dos constituintes do sistema PV	69
Tabela 43 - Parâmetros de input a considerar no <i>software</i>	70
Tabela 44 - Resultados obtidos da simulação do sistema fotovoltaico	70

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao Eng.º André Amaral por todo o apoio e acompanhamento prestado ao longo deste trabalho, assim como dos seus conselhos fundamentais. Da mesma forma quero agradecer ao professor Miguel Brito, por toda a ajuda concedida e prontidão em responder às diversas adversidades.

Agradeço igualmente ao Arq.º João Silva do Instituto de Ciências Sociais pela pronta disposição no acompanhamento nas várias visitas ao ICS.

Aos meus pais, por toda a paciência e compreensão demonstradas ao longo destes anos académicos.

Aos meus amigos, com particular destaque para o Gang, pelo excelente apoio e amizade que me proporcionaram neste percurso, assim como, das inúmeras noitadas a estudar, jantaradas e reuniões de boémia.

Por último, mas não menos importante, agradeço à minha namorada, por todo o seu carinho, encorajamento e compreensão.

Simbologia

AIE	Agência Internacional de Energia
AT	Alta Tensão
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado
CFL	Compact Fluorescent Light
CO ₂	Dióxido de Carbono
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FL	Fluorescente Light
GADCS	Gabinete Associativo de Desenvolvimento das Ciências Sociais
GAE	Grelha de Ar Exterior
ICS	Instituto de Ciências Sociais
I&D	Investigação e Desenvolvimento
kgCO ₂ E	Quilogramas de Dióxido de Carbono Equivalente
kgEP	Quilogramas Equivalentes de Petróleo
kW	Quilowatts
kWh	Quilowatts Hora
kWh _{EP}	Quilowatts Hora de Energia Primária
LED	Light Emitting Diode
MT	Média Tensão
MAT	Muito Alta Tensão
PL	Philips Light
PLC	Philips Light
PNAC	Plano Nacional das Alterações Climáticas
PV	Fotovoltaico
RPM	Rotações Por Minuto
UAP	Unidade de Ar Principal
UCL	Unidade de Climatização Close Control
UE	União Europeia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo
W	Watts
Wp	Watts pico

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Enquadramento

Nos últimos anos tem-se assistido a uma crescente preocupação em relação aos impactos ambientais consequentes da acentuada dependência energética dos combustíveis fósseis, que atualmente continuam a ter um papel essencial em satisfazer as necessidades energéticas globais. As alterações climáticas desempenham um papel fundamental a favor da intervenção do Estado na temática energética. Portugal viu-se obrigado a satisfazer compromissos neste sentido quando subscreveu o Protocolo de Quioto, com a obrigação de reduzir as emissões em todos os sectores, inclusive o dos edifícios.

Por outro lado, observou-se também uma aposta nacional no incentivo à redução da dependência externa, ao aumento da penetração de energia proveniente de fontes sustentáveis e no ganho de eficiência energética. É principalmente sobre este último tema que o trabalho em questão incidirá.

A eficiência energética é um assunto inerente na nossa sociedade, sendo alvo de constantes discussões e estudos de investigação e desenvolvimento (I&D). A mobilização da eficiência energética é uma prioridade e um ponto-chave na transição para um sistema energético sustentável, tal como afirma a Agência Internacional de Energia (AIE) [1], mas para tal ser alcançado é necessário desagregar crescimento económico e emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE).

Historicamente regista-se um acentuado desenvolvimento e melhoria na eficiência energética dos sistemas em termos globais. Atualmente, nos países pertencentes à AIE o consumo energético *per capita* diminuiu para níveis equivalentes aos dos anos 80, enquanto o chamado *income per capita*¹ atingiu valores bastante positivos e o acesso aos serviços de energia estão em constante expansão [1]. É precisamente este o patamar necessário a alcançar, criar um sistema doméstico economicamente e ambientalmente sustentável.

No geral é entendido pela sociedade como um ponto positivo mas existem igualmente pormenores negativos, não tão mencionados mas que também merecem igual atenção. Isto pode ser entendido como um paradigma na vertente da eficiência, ou seja, o aumento da eficiência não significa obrigatoriamente uma redução no consumo, que seria o objetivo inicial, podendo acontecer precisamente o contrário, em que se verifica uma estagnação, ou até mesmo uma subida no mesmo, devido a uma redução dos preços pagos pelas famílias e empresas [2]. A isto se dá o nome de *rebound effect*, ou seja, a poupança de energia origina o financiamento de outros consumos. Outro caso que se verifica atualmente passa por um investimento não compensatório realizado na área da eficiência energética, em que a taxa de retorno desse mesmo investimento é inferior à taxa de desconto de mercado para um investimento alternativo, principalmente a curto prazo. Isto é, normalmente a população opta por investir numa opção que consome mais energia, mas que por outro lado é mais rentável a curto prazo, em vez de pensar a longo prazo e racionalizar os consumos energéticos através de uma alternativa melhor [2]. Em Portugal existe bastante a prática de se optar por poupar o máximo a curto prazo e não considerar os ganhos que é possível obter a longo prazo. Isto deve-se muito possivelmente à circunstância de ser um povo relativamente pobre.

A procura de eficiência energética é também condicionada pela existência de lacunas no que toca à informação disponibilizada pelos agentes de mercado. Quer isto dizer que, em alguns casos, os consumidores não são devidamente informados relativamente aos custos e respetivos

¹ Média de ganho por pessoa numa dada área num ano específico.

benefícios que advêm da instalação de equipamentos mais eficientes, o que resulta por vezes numa escolha menos acertada, tendo em conta as várias alternativas possíveis.

Do ponto de vista da poupança de energia, para além do setor da eficiência energética, é igualmente importante referir a relevância de um outro setor denominado conservação de energia. Até há cerca de duas décadas, na época dos anos 90, o conceito de eficiência energética não era um assunto particularmente discutido pelos líderes mundiais, principalmente para o caso de Portugal. Nessa altura a preocupação era unicamente a conservação de energia, isto é, *não usar para não gastar*. Com a evolução dos problemas ambientais e, consequente surgimento das legislações internacionais para a mitigação das alterações climáticas, foi necessário implementar medidas que obrigassem a redução das emissões. Foi neste momento que a eficiência energética se tornou num dos principais setores do ramo da energia e que começaram a intensificar-se os estudos de I&D nesta vertente. Com o aparecimento destes estudos a vertente da conservação de energia foi um pouco esquecida. Contudo, com o aparecimento do chamado *rebound effect* assistiu-se a uma situação inesperada no setor da eficiência energética. Devido ao facto da energia ser mais barata as famílias têm tendência a consumir mais (a procura aumenta), o que origina uma situação precisamente contrária à pretendida inicialmente. Por esta razão, o conceito de conservação de energia está novamente a ser alvo de discussões e incentivos, de maneira a que se consiga conciliar os dois setores, eficiência e conservação, com o intuito de ir ao encontro dos objetivos iniciais de redução de consumos e da procura de energia.

Os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia na maioria dos países - principalmente para aquecimento, arrefecimento e alimentação de aparelhos elétricos. Aumentar a eficiência energética dos edifícios pode ser um contributo considerável para a redução da procura de energia e das emissões de carbono [3].

É urgente intervir para atingir um patamar em que as vertentes económica, social, política e ambiental estejam em harmonia, de forma a preservar ao máximo as condições ambientais para as gerações vindouras. Dessa forma, é necessário racionalizar e reduzir o consumo de energia:

1. Por razões éticas e sociais. Atualmente, 28% da população mundial consome 77% de toda a energia produzida, enquanto os restantes 72% consome apenas 23% dessa mesma energia.
2. Por razões estratégicas. Portugal (assim como uma grande parte da Europa) tem uma grande dependência de países externos da UE para satisfazer as necessidades de combustíveis fósseis. Alguns desses países são politicamente instáveis, o que origina não só incerteza, mas também custos acrescidos, em termos de fornecimento.
3. Por razões económicas. O valor da fatura energética anual representa uma significativa despesa para um dado edifício ou lar [4].

1.2. Objetivo

Para esta dissertação de mestrado foi proposto que se realizasse uma auditoria energética ao Instituto de Ciências Sociais (ICS) da Universidade de Lisboa. O objetivo é efetuar uma análise aprofundada ao comportamento energético do edifício, através da identificação dos componentes elétricos e avaliação de faturas, sendo posteriormente apresentadas medidas de melhoria, com o fundamento de proporcionarem um aumento da eficiência energética do edifício e redução dos consumos e encargos associados.

O estudo recai essencialmente na vertente da eletricidade, mas o gás natural é igualmente analisado.

É essencial realizar este tipo de projetos em todo o tipo de edifícios, do Estado ou de serviços, de forma a contribuir para o aumento da eficiência do sistema energético português. Infelizmente, hoje em dia a adoção de soluções que melhorem o comportamento energético dos edifícios não é uma prioridade para uma grande parte das empresas, visto que o retorno do investimento não é imediato e os lucros podem ser reduzidos. Em contrapartida, pequenas alterações com recurso a tecnologias já existentes, ou até mesmo tecnologias que estejam agora a emergir, podem alcançar resultados consideráveis e com preços idênticos.

1.3. Organização da Dissertação

O presente documento encontra-se dividido em sete capítulos, estruturado de acordo com o trabalho realizado, com os seguintes conteúdos:

Capítulo 1. Introdução do estudo, enquadramento, objetivo e organização do documento.

Capítulo 2. Descrição geral do edifício, nomeadamente, alimentação elétrica, iluminação, AVAC, AQS e elevadores.

Capítulo 3. Identificação e organização de todos os espaços do edifício, assim como a ocupação dos mesmos.

Capítulo 4. Descrição das potências e estimativas dos consumos elétricos de todos os espaços do edifício, organizados por piso e por setor, assim como da componente do gás natural.

Capítulo 5. Análise das faturas mensais e validação dos consumos estimados.

Capítulo 6. Apresentação de oito medidas de eficiência energética com os respetivos períodos de retorno.

Capítulo 7. Discussão dos resultados e respetivas conclusões.

Capítulo 2 – Descrição do Edifício

2.1. Informação geral

O edifício em estudo trata-se de um edifício de serviços onde funciona um estabelecimento de ensino superior designado de Instituto de Ciências Sociais ou, simplesmente, ICS.

O ICS está localizado na zona de Entre Campos, em Lisboa, e pertence ao campus da Universidade de Lisboa. Está agregado ao edifício do ISCTE-IUL (Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa – Instituto Universitário de Lisboa), sendo denominado como o corpo E dessa mesma instituição (ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), e está situado a uma altitude de 110 m. Com base na altitude e na localização do edifício, as zonas climáticas associadas são: Inverno I1 e Verão V2, tendo em conta as normas apresentadas pela entidade reguladora [5]. Para a estação de aquecimento o período correspondente é de 5,3 meses e tem uma temperatura média de 10,8°C. Em relação à estação de arrefecimento, Junho a Setembro, a temperatura média é 21,7°C.

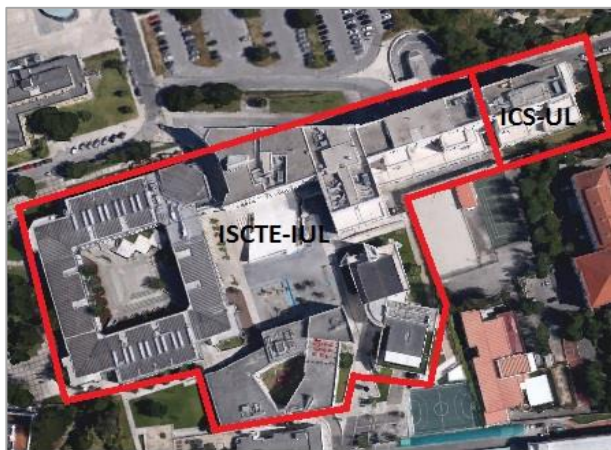


Figura 1 - Vista Aérea dos edifícios do ICSTE.



Figura 2 - Entrada do edifício do ICS

O edifício do ICS tem uma área bruta a rondar os 1040 m² e conta com um pequeno jardim nas traseiras onde está localizado o Quadro-Geral do ICS.

É constituído por 10 pisos, enumerados desde -3 até 6: os pisos -3 e -2 são compostos por garagens e casas de máquinas e não pertencem ao corpo E; no piso -1 existem o refeitório e balneários para os funcionários de limpeza e rececionistas, salas de arrumo dos equipamentos de limpeza, arquivos (de história social, publicações, administrativo, entre outros) e garagem; o piso 0 é composto pela receção, bar, sala de seminários, sala polivalente, salas de aulas e anfiteatro; no piso 1 encontram-se a biblioteca, a secretaria, a tesouraria e alguns gabinetes; o piso 2 é constituído maioritariamente por gabinetes de investigadores, contando também com salas de trabalho, sala de publicações, sala de projeto e reprografia; o piso 3 e 4 são idênticos ao piso 2, contando principalmente com gabinetes de investigadores e assistentes; no piso 5, comparativamente com os pisos 2, 3 e 4, existe um número inferior de compartimentos, sendo composto igualmente por alguns escritórios de investigadores e assistentes, uma cozinha e uma sala de convívio; no piso 6 encontra-se o sector dos engenhos de AVAC, como a UTA (Unidade de Tratamento de Ar), a UAP (Unidade de Ar Primário), o *chiller*, a caldeira, e os motores dos elevadores principais.

2.2. Alimentação Elétrica

Tendo em conta as dimensões do edifício e a carga associada a este, é imposto que a alimentação seja efetuada em regime de Energia + Redes – MT (Média Tensão), assegurada pela rede de distribuição da EDP, com ciclo horário *FER – Ciclo Semanal com Feriados*. A transformação da energia para Baixa Tensão (BT) é efetuada pelo Posto de Transformação presente no jardim do ICS. Em termos de Potências, a Requisitada é 186 kVA, assim como a Contratada, e a Instalada é 400 kVA.

2.3. Iluminação Interior

Foram identificadas, por observação direta, 1304 lâmpadas instaladas no interior do edifício, tal como se pode verificar na Tabela 1 e Figura 3.

Tabela 1 - Quantidade e potência de cada tipo de iluminação

Iluminação interior do edifício	Quantidade
FL T8	808
FL T5	1
FL	14
Halogéneo	135
LED	112
CFL	46
PL	39
PLC	138
Incandescente	11
Total	1304

Em análise à Tabela 1, salienta-se o domínio das lâmpadas fluorescentes T8, em particular das de 36 W, cuja percentagem associada é de, aproximadamente, 62% (ver Figura 3). Está presente em todos os compartimentos, desde gabinetes a salas de aula e corredores, o que torna este tipo de iluminação como principal do edifício. Em relação às lâmpadas PLC, que vêm em segundo lugar com uma percentagem de 11%, têm uma potência de 13 W por lâmpada e encontram-se na sua maioria nos WC's e corredores dos pisos 1 a 5. Relativamente às lâmpadas de halogéneo, com um valor global a rondar os 10%, estão instaladas, principalmente, nos pisos 0 (anfiteatro, sala de conferências e sala de seminários) e 1 (biblioteca e gabinetes).

Existe uma quantidade considerável de luzes LED instaladas no edifício, facto que não se verifica nos projetos de iluminação, o que revela que o corpo administrativo do ICS tem tido a preocupação de tentar aumentar a eficiência energética ao longo dos anos, uma vez que estas luzes são as mais eficientes, querendo com isso diminuir o consumo e a fatura. Em termos de números, a percentagem atribuída a este tipo de luzes é pouco mais de 8%, a gama de potência vai dos 2 W aos 4 W, sendo a maioria de 3 W, e encontram-se principalmente nos pisos 0 e 1. No piso 0 existe um grande aglomerado no átrio central, com cerca de 49 unidades, sendo as restantes distribuídas pela sala de conferências e bar. No piso 1 a maior concentração de luzes LED está presente na biblioteca, com cerca de 30 unidades.

Outro aspeto positivo é a existência de um baixo número de lâmpadas incandescentes, o que vem reforçar a ideia de diminuir a carga do edifício. Têm uma percentagem correspondente de menos de 1% e estão instaladas em candeeiros distribuídos pelas salas de alguns investigadores.

As lâmpadas PL e CFL têm quantidades igualmente reduzidas, com valores a rondar as 40 unidades cada e com percentagens na ordem dos 3% e 3,5%, respetivamente. As PL estão unicamente aplicadas nos WC's enquanto as CFL estão distribuídas por alguns compartimentos do piso 0 e na escadaria principal de cada piso. Para finalizar falta apenas mencionar que as lâmpadas fluorescentes, cuja potência é diferente de 36 W, são bastante poucas, e referir a única unidade de fluorescentes T5 instalada no edifício, mais precisamente na receção da biblioteca, piso 1.

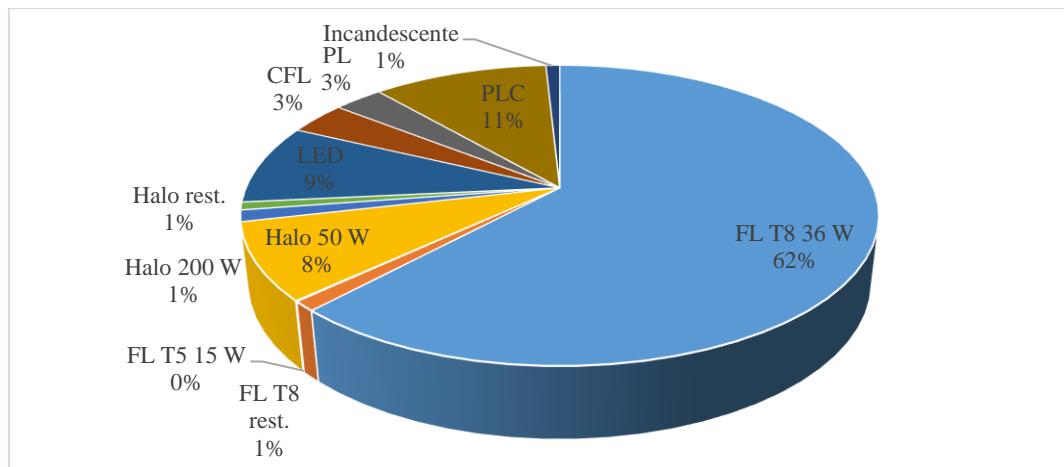


Figura 3 - Valor percentual de quantidade por tipo de lâmpada

2.4. Sistema AVAC

2.4.1. Sistemas de produção

A produção de energia térmica do edifício em geral é assegurada principalmente por dois sistemas independentes que funcionam em diferentes períodos do ano, ou seja, um dos sistemas realiza trabalho na estação de aquecimento, aumentando a temperatura ambiente no interior do edifício, enquanto o outro realiza trabalho na estação de arrefecimento, diminuindo essa mesma temperatura. Estes sistemas são um *chiller*, para o Verão, e uma caldeira a gás para o Inverno.

No caso do *chiller*, um YORK YCAM 360, em condições nominais, possui uma capacidade de arrefecimento de, aproximadamente, 258 kW, com um coeficiente de performance (COP) associado de 3,19. Teoricamente, a utilização deste sistema é efetuada num período de pouco mais de 5 meses, de Maio a inícios de Outubro (por vezes alarga-se o período de funcionamento consoante as necessidades), e semanalmente funciona 10 horas em cada dia útil, das 8h às 18h, e 4 horas ao sábado, das 8h às 12h. A tarefa do *chiller* é arrefecer a água que vem das condutas hidráulicas e distribuí-la por outras condutas, de modo a que água fria chegue até à unidade de tratamento de ar (UTA) e aos ventiloconvectores (VC).

Relativamente à caldeira, é uma ROCA G-400/175 e possui uma potência calorífica nominal de 206 kW, com um rendimento de 91,7%. A utilização deste sistema é efetuada de forma idêntica à do *chiller*, isto é, teoricamente funciona pouco mais de 5 meses, desde meados de Outubro até Março, e realiza trabalho o mesmo número de horas por dia, 10 horas nos dias úteis, das 8h às 18h, e 4 horas aos sábados, das 8h às 12h. A tarefa da caldeira é igualmente parecida com a do

chiller, com as diferenças de ser a gás e de aquecer a água em vez de a arrefecer, sendo depois bombeada até que alcance a UTA e os VC's.

Para além destes dois mecanismos de climatização existe um outro instalado nos pisos -1 e 2. O mecanismo em questão é denominado de *High Performance Air Conditioning* (HPAC), traduzido, ar condicionado de elevado desempenho, da marca e modelo LIERBERT HIROSS HIFLEX. Existem três unidades instaladas no total, 2 estão no Centro de Informática, piso 2, e a outra está no Arquivo de História Social, piso -1. Este último tem uma potência de 5,3 kW, enquanto os do CI, têm potências superiores, 9,4 kW cada um, mas apenas um se encontra em bom estado de funcionamento.

As informações técnicas de cada refrigerador são obtidas com base nos primeiros quatro caracteres alfanuméricos que estão exibidos no código de cada máquina. Para ser mais esclarecedor é apresentada a Figura 4 [6].

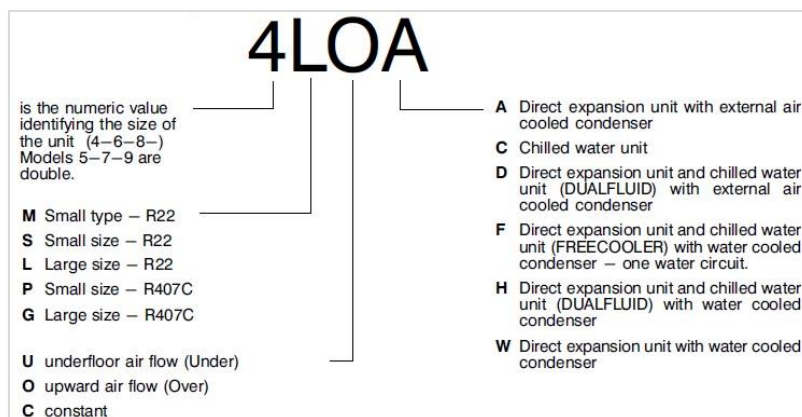


Figura 4 - Descrição das referências dos refrigeradores HPAC [6]

No caso dos refrigeradores do piso 2 a referência técnica é *6SUA*, enquanto o do piso -1 é *4LOC*. Com base nesta informação e na imagem anterior é possível determinar o tipo de funcionamento do refrigerador. A referência disponibiliza três tipos de informações: as dimensões, o sentido do fluxo de ar e o tipo de sistema usado.

Em termos práticos as informações mais importantes são o sentido do fluxo de ar e o tipo de sistema usado, uma vez que as dimensões de ambos são idênticas. Relativamente ao sentido do fluxo de ar, nos refrigeradores com maior potência, o sentido é descendente e a insuflação de ar é efetuada debaixo do pavimento, como se pode ver na Figura 5.

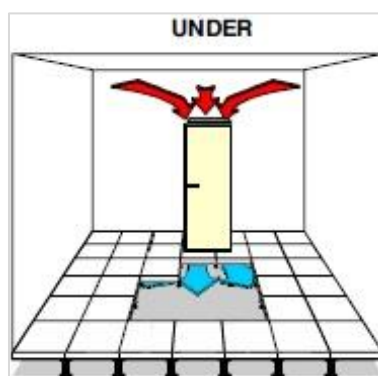


Figura 5 - Representação de um refrigerador do tipo U (underfloor air flow) [6]

Em relação ao refrigerador de potência inferior, o sentido é precisamente o contrário, ou seja, ascendente, admitindo o ar quente pela parte inferior e libertando ar frio pela parte superior, como comprova a Figura 6.

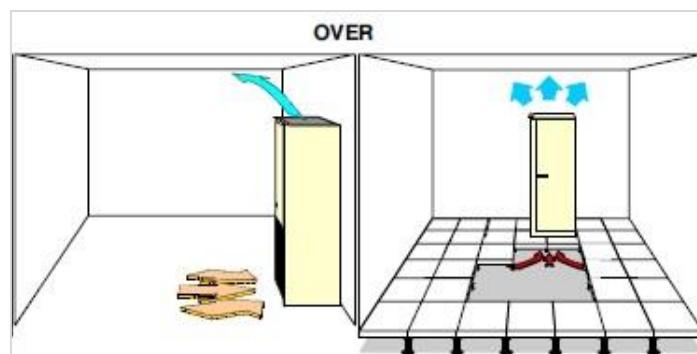


Figura 6 - Representação de um refrigerador do tipo O (upward air flow) [6]

Tal como foi referido, o segundo aspeto a discutir é o tipo de sistema usado em cada refrigerador. No caso do *4LOC*, o sistema baseia-se na utilização da água arrefecida proveniente do *chiller* como forma de diminuir a temperatura do ar, enquanto o *6SUA* utiliza um sistema de expansão direta. Este sistema *6SUA* proporciona a circulação forçada do ar quente interior, de forma a fazê-lo passar por umas serpentinas evaporadoras que irão receber o calor existente nesse mesmo ar, provocando a diminuição da temperatura ambiente. Esse calor é transferido para o fluido refrigerante que depois é bombeado até ao condensador do piso 6, onde volta ao estado líquido.

A diferença no valor da potência verifica-se principalmente porque os HPAC's do piso 2 têm compressor, enquanto no caso do HPAC do piso -1 isso não se verifica.

Para finalizar falta apenas mencionar qual o fluido refrigerante utilizado nos mecanismos, que neste preciso caso, só se aplica nos equipamentos do CI, ou seja, os refrigeradores *6SUA*, uma vez que o refrigerador *4LOC* do piso -1 não tem circuito de refrigeração e utiliza a água proveniente do *chiller*, como já foi referido. O fluido utilizado é denominado como clorodifluormetano, mais conhecido como R22, e as propriedades químicas são indicadas para tipo de sistemas e circuitos de refrigeração.

2.4.2. Sistema de tratamento e distribuição de ar

Para o tratamento de ar estão instaladas 2 unidades distintas, uma Unidade de Tratamento de AR (UTA) e uma Unidade de Ar Primário (UAP), também conhecida como Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN). A primeira é utilizada unicamente no tratamento do ar do anfiteatro, no piso 0, enquanto a segunda é utilizada no tratamento do ar do restante edifício. Consequentemente, o caudal de admissão de ar da UAP é bastante superior ao da UTA, 5387 L/s e 1080 L/s, respetivamente. O funcionamento da UTA baseia-se na circulação, através de bombas, do ar já existente no espaço, bem como na admissão de ar novo proveniente do exterior, direcionando ambos para as condutas de ventilação, onde passam por umas serpentinas, normalmente de cobre, que transportam água quente ou fria, alterando assim a temperatura desse mesmo ar, fazendo-o chegar ao anfiteatro através dos circuitos aeráulicos. No caso da UAP, a sua tarefa é idêntica à da UTA, mas a sua aplicação é efetuada a uma escala superior, estando encarregue de tratar do ar do edifício inteiro, aquecendo-o ou arrefecendo-o através dos tubos onde circula a água, e direcioná-lo até às condutas aeráulicas. Por sua vez, estas condutas estão ligadas a mecanismos, denominados ventiloconvectores (VC), cujo objetivo é efetuar a admissão do ar tratado para os gabinetes e salas. Estes equipamentos também são compostos por circuitos hidráulicos por onde passa o fluido térmico que aquece/arrefece o ar novamente, antes de ser admitido nos espaços.

Para complementar o sistema de tratamento de ar existem ainda 2 mecanismos importantes a salientar, ventiladores de extração (VE) e unidades de extração (UE). Os VE's têm unicamente

como função eliminar o ar, enquanto as UE's, para além de efetuarem a mesma tarefa, ainda aproveitam o calor do ar interior indesejado e transferem-no para o circuito hidráulico, armazenando-o no fluido térmico.

Na Figura 7 e na Figura 8 estão representadas partes dos ficheiros CAD relativos ao sistema de AVAC de forma a que seja perceptível a distribuição dos equipamentos pelo piso 6. Tal como se pode observar nas figuras, no caso dos VE's existem 3 aparelhos, VE 6.1, VE 6.2 e VE 6.3, sendo que cada um realiza a extração do ar de um determinado tipo de compartimentos e tem um caudal apropriado para tal efeito. O VE 6.1 está ligado à hotte do bar/cozinha do piso 0 e tem um caudal de 555 L/s, o VE 6.2 refere-se à extração do ar de todos os WC's do edifício, desde o piso -1 até ao piso 5, e tem um caudal de 1075 L/s, e, por último, o VE 6.3 está ligado à hotte da cozinha do piso 5 e tem um caudal associado de 220 L/s. Para as UE's existem 2 aparelhos, UE 6.1 e UE 6.2. O primeiro caso realiza unicamente a extração do ar do anfiteatro enquanto o segundo caso realiza a extração do ar do restante edifício. Ou seja, o UE 6.1 completa o trabalho efetuado pela UTA enquanto o UE 6.2 completa o trabalho efetuado pela UAP. Em termos de caudais, o UE 6.1 tem um valor de 860 L/s e o UE 6.2 tem um valor de 2730 L/s.

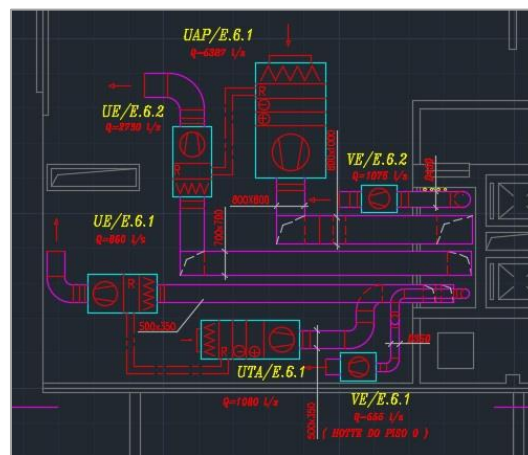


Figura 7 - Representação em CAD da disposição dos sistemas de tratamento e distribuição de ar no piso 6

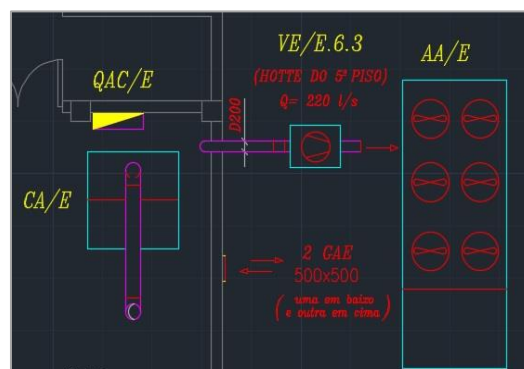


Figura 8 - Representação em CAD da disposição dos sistemas de exaustão (VE/E.6.3) e de produção de energia térmica (AA refere-se ao Chiller e CA refere-se à Caldeira)

Para finalizar este capítulo é necessário falar ainda sobre os condensadores que estão ligados às unidades de climatização presentes no Centro de Informática. Tal como já foi referido no ponto anterior, o fluido refrigerante tem propriedades químicas indicadas para este tipo de sistema, uma vez que tem pontos de fusão e ebulição bastante inferiores aos da água, -157°C e -40.9°C , respetivamente [7]. Graças a estas características, o fluido, ao entrar em contacto com o calor, evapora. Posteriormente, esse fluido, agora no estado gasoso, será direcionado para os condensadores instalados no piso 6. Através do contato com o ar exterior, os condensadores

liquidificam o fluido e este volta a ser direcionado para as unidades de climatização (UCL) do centro de informática.

Os condensadores instalados no piso 6 têm potências de 520 W e 630 W.

2.5. Águas Quentes Sanitárias (AQS)

As necessidades das Águas Quentes Sanitárias são supridas por um único tipo de sistema, o termoacumulador. Existem três unidades distribuídas pelo edifício, o maior tem 2,5 kW e 350 L de capacidade e está montado no piso -1, mais precisamente no WC dos homens, com o objetivo de aquecer a água para a cozinha e para os funcionários puderem tomar banho. Os outros dois, de 1,5 kW e 50 L cada, estão instalados no bar do piso 0 e na cozinha do piso 5 e o seu uso é unicamente direcionado para utilizações nesses mesmos espaços.

2.6. Energias Renováveis

O edifício em estudo não dispõe de sistemas de aproveitamento de energias renováveis.

2.7. Elevadores

Como foi mencionado na descrição do ICS, o edifício em causa é composto por 10 andares, no entanto a auditoria apenas se aplica a 8 porque os pisos -2 e -3 não pertencem ao corpo E. A necessidade de existir mecanismos de mobilidade num edifício deste género é imperativa. Por essa razão estão instaladas no ICS quatro unidades elevatórias, duas principais e duas secundárias. No caso dos elevadores de maiores dimensões, estão instalados lado-a-lado no centro do edifício, podendo deslocar-se entre os pisos -3 e 5, sendo por isso as unidades principais. Os outros 2 elevadores estão instalados no bar/cozinha do piso 0 e na biblioteca do piso 1, e são de uso exclusivo para os funcionários do edifício.

Relativamente às características técnicas, os elevadores principais têm velocidades reguláveis e a sua potência varia consoante a velocidade de funcionamento. A gama de velocidades inicia em 330 RPM, com uma potência associada de 1,8 kW, e consegue alcançar no máximo 1400 RPM, com uma potência associada de 7,35 kW. Atualmente os elevadores deslocam-se com uma velocidade de 2 m/s (informação transmitida por membros do corpo técnico do ICS), o que se traduz em 754 RPM, aproximadamente. Extrapolando este valor com base nos dados apresentados pela marca obtém-se uma potência de 4,03 kW para cada unidade elevatória. No caso dos elevadores secundários, têm uma potência constante correspondente a 11 kW cada e os motores encontram-se instalados no piso -1, mais precisamente, nos espaços 'Monta-cargas' e 'Arrumos de limpeza'.

Capítulo 3 – Levantamento Energético

3.1. Introdução

O processo de levantamento energético do edifício em maio de 2015, com várias visitas a todos os espaços integrantes do ICS, comuns e não comuns. Foram igualmente realizados inquéritos orais informais a alguns funcionários (seguranças e empregadas de limpeza) e a todos os elementos que estavam presentes nos espaços não comuns, principalmente nos gabinetes e salas de projeto, de forma a se conseguir caracterizar e quantificar os equipamentos elétricos e o seu período de utilização diário.

3.2. Ocupação

Estima-se que existam cerca de 280 pessoas a frequentarem o ICS, dos quais 85 são investigadores a tempo inteiro, 158 são estudantes, 24 são ligados ao corpo técnico do edifício e os restantes são funcionários e seguranças.

Em termos de ocupação geral do edifício, mais precisamente, ao nível de gabinetes e salas de estudo, e tendo como base a informação recolhida junto dos funcionários do ICS, considerou-se que estes espaços têm uma ocupação de cerca de 60%, uma vez que existe uma parte considerável de investigadores e assistentes que não estão presentes diariamente. Para além deste fato, muitos desses elementos, quando vêm ao ICS não estão presentes durante todo o horário laboral normal, ou seja, as 8 horas diárias. Por vezes vêm só da manhã ou só da parte da tarde, o que acaba por dificultar um pouco a estimativa da ocupação do edifício. Para os fins de semana considerou-se 20% de presenças por parte dos investigadores e restantes elementos.

Espaços como a biblioteca, arquivos, corredores, espaços multiusos e WC's não são abrangidos por esta consideração. Isto verifica-se uma vez que, no caso da biblioteca, corredores, arquivos e WC's, a sua utilização é constante e não varia consoante a ocupação. Em relação ao secretariado a ocupação é constante e por norma cumpre o horário laboral habitual. No caso dos espaços multiusos, têm uma ocupação específica e por essa razão não estão incluídos na mesma.

3.3. Inquéritos

Tal como já foi referido, os inquéritos efetuados foram apresentados de modo informal, consistindo apenas em algumas perguntas acerca do tipo de comportamento praticado em cada espaço, horas de permanência no local, utilização da iluminação, equipamentos de climatização adicionais, computadores de secretária, portáteis e impressoras/scanners.

3.4. Espaços Comuns

Entende-se por espaço comum os compartimentos do tipo átrios, corredores, garagem e biblioteca. Neste ponto o consumo elétrico deriva principalmente do uso de iluminação, com algumas exceções, como é o caso da biblioteca, em que existem computadores de secretária e

uma fotocopiadora, e dos corredores, onde existem igualmente fotocopiadoras. Em termos de período de utilização, a biblioteca funciona 10,5 horas por dia, das 9.30h até às 20h, por isso considerou-se este valor para as horas de utilização da iluminação da mesma. No caso dos átrios, corredores e garagem considerou-se uma utilização de 16 horas diárias uma vez que corresponde ao período de funcionamento do edifício em geral.

3.5. Espaços de Serviços Alimentares

Relativamente a este tipo de espaços existem três compartimentos distribuídos pelo edifício, um bar/cozinha no piso 1 e duas cozinhas nos pisos -1 e 5. Como seria de esperar, são espaços com carga bastante elevada devido aos vários equipamentos instalados, com potências unitárias a rondar a casa dos 2 a 6 kW. Os funcionários do edifício, principalmente os contínuos, foram inquiridos acerca das horas de utilização de cada equipamento uma vez que estes espaços estão diretamente ligados aos mesmos. Com base no seu senso comum, os funcionários indicaram os valores horários dos ditos equipamentos, por vezes com algumas dúvidas.

3.6. Espaços Sanitários

Os WC's estão distribuídos por todos os pisos do edifício, com exceção do piso 6 que não tem, e na sua maioria têm apenas instaladas componentes de iluminação, mais precisamente, uma lâmpada de cada género, fluorescente, PL e PL-C. É necessário ainda salientar que no piso -1 existem dois balneários, um masculino e um feminino, para os funcionários da limpeza e segurança poderem tomar banho. Para esse efeito está instalado um termoacumulador no balneário masculino que é igualmente utilizado para aquecer a água da cozinha. Em relação ao tempo de funcionamento diário das luzes considerou-se que operam o mesmo número de horas que as luzes dos espaços comuns, ou seja, 16 horas.

3.7. Espaços de Trabalho

Este tipo de espaços abrange todo o género de salas relacionadas com o trabalho académico e literário, isto é, gabinetes de investigadores e assistentes, salas de projeto, salas de aula, salas de trabalho e secretariado. As luzes instaladas são maioritariamente fluorescentes mas existem também outros tipos de luzes presentes nos vários candeeiros, nomeadamente, LED, halogéneas e incandescentes. Relativamente às horas de utilização estimou-se um uso diário de 8 horas em todos os espaços acima referidos, com exceção das salas de aula cujo período de utilização da luz ronda as 4 horas diárias, com base na informação disponibilizada pelos funcionários. Os equipamentos base presentes nos espaços de trabalho resumem-se a computadores de mesa, portáteis, impressoras e scanners. No caso dos computadores de mesa e portáteis, aparelhos mais comuns neste tipo de compartimentos, considerou-se que o seu uso diário é de 6 horas em modo ON e 2 horas em standby. Foram igualmente encontrados outros equipamentos adicionais em alguns gabinetes e salas, tais como, chaleiras, escalfetas e aquecedores.

3.8. Espaços Multiusos

Relativamente a este tipo de compartimentos as horas de funcionamento são mais complexas de obter, pelo que a sua incerteza é superior quando comparadas com as dos restantes espaços do

edifício. Os espaços em questão são o anfiteatro, a sala de conferências ou sala polivalente, e a sala de seminários, e estão localizados no piso 0. Os eventos ocorridos em cada um dos espaços são catalogados em ficheiro Excel, posteriormente disponibilizado por membros do ICS. Através desse documento, relativo ao ano 2014, foi possível estimar as horas de funcionamento de cada sala, apesar de a calendarização não ser igual em todos os anos. Desta forma, os resultados horários anuais obtidos foram:

1. Anfiteatro = 143 horas
2. Sala de Conferências = 754 horas
3. Sala de Seminários = 1035 horas

Com base nestes valores horários anuais e na potência utilizada em cada sala estimou-se os respetivos consumos diários e mensais em cada um desses espaços.

3.9. Espaços Técnicos

Entende-se como espaço técnico todo o tipo de compartimento direcionado para a vertente técnica do edifício, seja em termos de climatização, mecânicos ou informáticos. Os locais em questão são nomeadamente, todo o piso 6, uma vez que é neste piso que se encontram os mecanismos relacionados com o AVAC; os espaços ‘Monta-cargas’ e ‘Arrumos de Limpeza’ do piso -1, onde estão instalados os motores dos elevadores da biblioteca e da cozinha, respetivamente, e o Centro de Informática, onde se encontram alguns computadores, reparados ou por reparar, os servidores e dois refrigeradores de alta performance.

Em termos de utilização, no caso do sistema de AVAC funciona aproximadamente 10 horas por dia (das 8h às 18h). Para os elevadores, mais precisamente os centrais, cujos motores estão instalados no piso 6, estimou-se que o seu funcionamento seria de uma utilização a cada 10 minutos (cerca de 85 utilizações diárias). Relativamente ao elevador da cozinha do piso 0 o seu funcionamento diário ronda as 25 utilizações enquanto o elevador da biblioteca tem um valor de 15 utilizações diárias. Mais uma vez estes dados foram estimados com base na informação disponibilizada pelos empregados do ICS.

Em relação ao Centro de Informática, os servidores funcionam 24 horas diárias, 365 dias por ano, e os refrigeradores também têm uma utilização idêntica, apesar de apenas um estar em funcionamento, não sendo necessária a utilização dos dois aparelhos.

Capítulo 4 – Potências e consumos do edifício

A primeira etapa da auditoria foi recolher os dados técnicos relativos aos diversos equipamentos instalados no ICS. Ultrapassada essa fase é necessário proceder ao tratamento e organização desses mesmos dados, de forma a obter-se a potência instalada em cada espaço, e respetivo piso, assim como em cada setor de intervenção.

Para além destes dados, são ainda apresentados neste capítulo as estimativas dos consumos elétricos em cada espaço e respetivo piso. A informação relativa às horas de funcionamento da maior parte dos equipamentos foi transmitida por elementos empregados no ICS, nomeadamente, o Arquiteto João Silva e algumas funcionárias de limpeza.

4.1. Eletricidade

4.1.1. Por piso

4.1.1.1. Piso -1

No piso -1 a potência instalada corresponde a cerca de 47 kW, o que faz com que seja um dos pisos com maior carga. Isto deve-se, maioritariamente, ao facto de estarem instalados os motores dos dois elevadores secundários nos espaços ‘Monta-cargas’ e ‘Arrumos de limpeza’, contribuindo conjuntamente com 22 kW, cerca de 47% da potência instalada. Outro valor que se destaca igualmente é o da cozinha dos funcionários, espaço denominado ‘Convívio Pessoal’, com 9 kW de potência. Neste caso o valor é elevado devido à presença de vários eletrodomésticos com potências igualmente elevadas. Exemplos: máquina de café profissional com 3 kW, dois micro-ondas com 850 W cada, chaleira com 2 kW, aquecedor com 1,5 kW e tostadeira com 750 W. Existem ainda outros equipamentos mas com potências mais baixas, tais como, frigorífico e moinho de café. O último valor com interesse é o dos WC’s, com particular destaque para o WC dos homens, uma vez que se encontra instalado um termoacumulador de 2,5 kW, tal como tinha sido mencionado anteriormente no capítulo das AQS.

Tabela 2 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso -1

	Espaço	Potência [W]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
1.	Arq. Publicações	468	29	0,7
2.	Arq. Hist. Social	5616	5684	176,1
3.	Monta-cargas	11 036	232	5,6
4.	Arq. Biblioteca	972	61	1,5
5.	Economato	794	2112	64,9
6.	Economato	1034	58	1,4
7.	Arrumos de Limpeza	11 072	231	5,5
8.	Garagem	1152	7057	169,4
9.	Recolha de lixo	1972	2977	71,5
10.	Casa das máquinas	13	1,08	0,03
11.	Arq. Material Trabalho	144	9	0,2
12.	Armazém Mobiliário	144	9	0,2

13.	Arq. Administrativo	144	9	0,2
14.	Convívio Pessoal	9044	2425	63,0
15.	WC's	2608	12608	277,8
16.	Circulação	670	2340	58,8
Total		46 883	35 842	896,8

Em termos de consumos, a nível diário ronda os 36 kWh enquanto o valor mensal situa-se nos 897 kWh. Nesta análise destacam-se principalmente espaços como o WC dos homens, devido ao funcionamento do termoacumulador, o Arq. História Social, devido ao refrigerador funcionar 24 horas diárias e a Garagem, por causa das horas de trabalho da iluminação. De um ponto de vista mais geral verifica-se uma discrepância bastante acentuada entre as várias áreas. Para além dos três espaços já mencionados existem ainda quatro espaços com consumos a rondar os 2 a 3 kWh, enquanto os demais têm, na sua maioria, valores muito inferiores na ordem dos 1 a 60 Wh. Nestes casos os consumos são pouco, ou mesmo nada, relevantes uma vez que a ocupação é quase nula, o que se traduz num número de horas muito reduzido.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

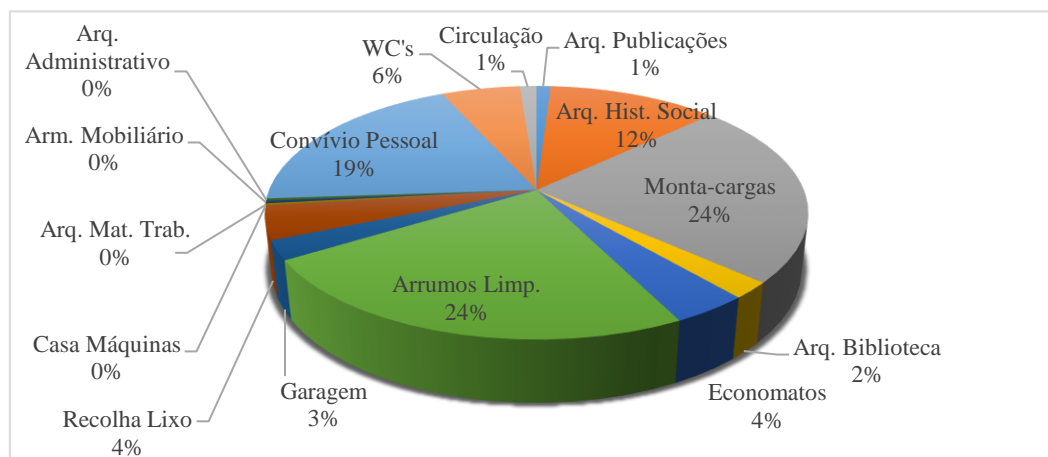


Figura 9 - Desagregação da potência instalada por espaço no piso -1

Para a parte do consumo, neste caso, diário, é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** seguinte.

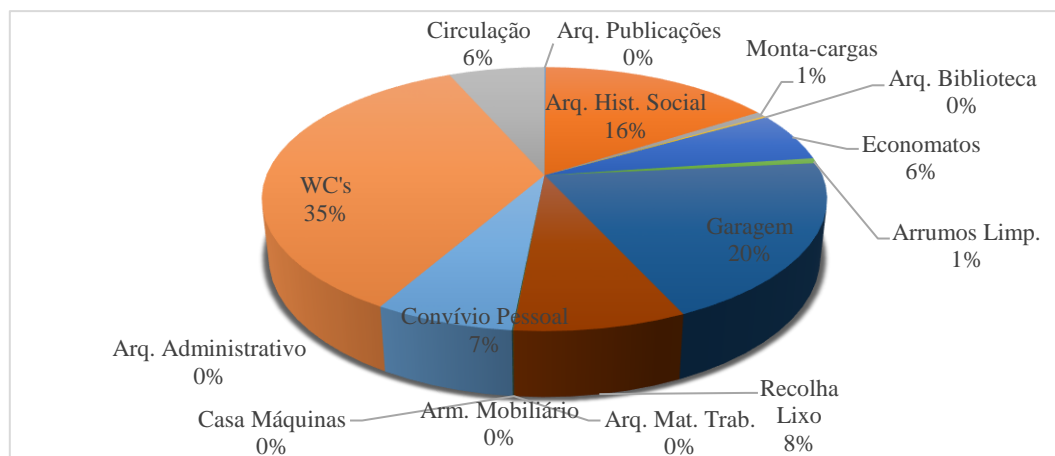


Figura 10 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso -1

4.1.1.2. Piso 0

Relativamente ao piso 0, é de salientar que é dos andares com a carga mais elevada, cerca de 45 kW. O espaço com maior percentagem associada é o bar, com aproximadamente 50% do total instalado no piso, uma vez que estão instalados vários equipamentos com potências elevadas. Estes aparelhos são: máquina de café profissional (6,5 kW), máquina de lavar loiça (3,5 kW), forno (3 kW), tostadeira (2,7 kW), termoacumulador (1,5 kW), balcões/vitrina frigoríficos (1,6 kW no total), entre outros.

O anfiteatro e o átrio central são espaços com cargas consideráveis, a rondar os 6 kW e 5 kW, respetivamente, que têm bastante influência no consumo do piso em questão. No caso do átrio os produtos com cargas significativas são duas máquinas de venda automática, uma de café/chá (no caso do café a potência de *heating* é 800 W, enquanto para o chá a potência da chaleira é de 1,3 kW) e outra de chocolates (560 W) e um aquecedor (1,5 kW). No anfiteatro, a carga maioritária diz respeito à iluminação halogénea (16 lâmpadas de 200 W, ou seja, 3,2 kW) e aos dois videoprojectores (1,8 kW no total).

Tabela 3 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 0

	Espaço	Potência [W]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
1.	Anfiteatro	5875	2061	45,3
2.	Cabine Tradução	72	12	0,26
3.	Cabine Tradução	72	12	0,26
4.	Cabine Tradução	1001	895	19,7
5.	Cabine Tradução	1332	242	5,3
6.	Sala Conferências	3006	5390	118,6
7.	Sala Seminários	1095	2829	62,2
8.	Sala Aulas	1111	1056	23,2
9.	Sala Aulas	1111	1056	23,2
10.	Átrio Central	5028	11501	312
11.	Receção	2876	4393	115,8
12.	Bar/Cozinha	22 209	22312	535,5
13.	WC's	259	1338	32,1
	Total	45 077	54 578	1342

Pelo que se pode observar na Tabela 3, o consumo diário de energia do piso 0 ronda os 55 kWh, enquanto à escala mensal o valor situa-se em 1,3 MWh. O espaço com o consumo mais elevado é o bar, como era expectável, tendo em conta a quantidade de equipamentos profissionais para a finalidade, assim como as horas de funcionamento devido ao movimento populacional que se gera nesta mesma zona.

A Figura 11 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

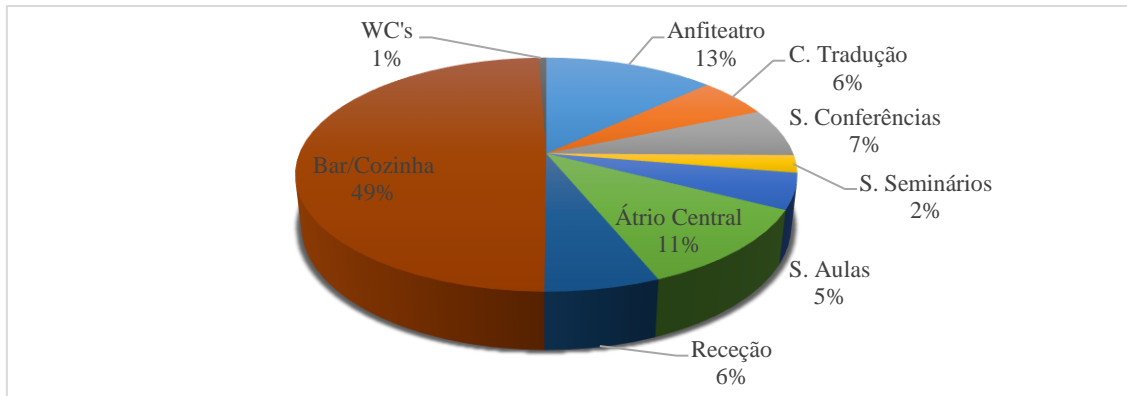


Figura 11 - Desagregação da potência instalada por espaço no piso 0

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 12.

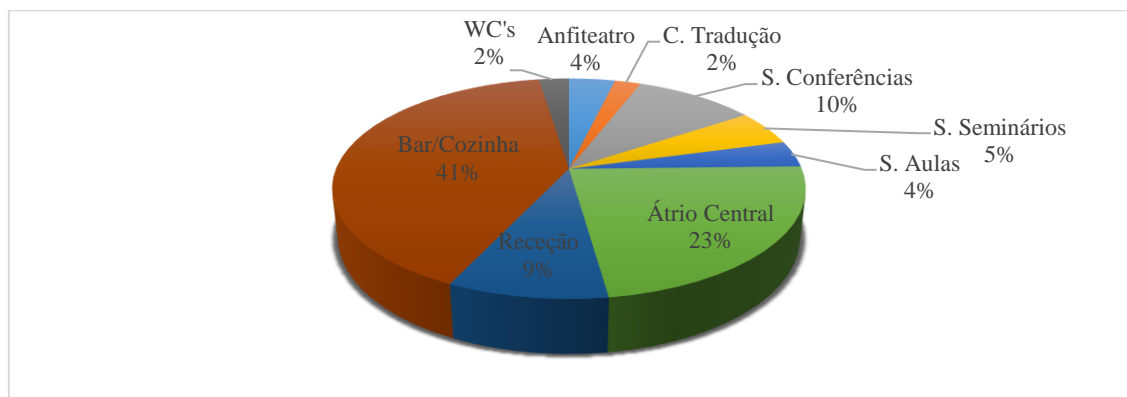


Figura 12 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso 0

4.1.1.3. Piso 1

O piso 1 é composto principalmente por gabinetes administrativos e pela biblioteca, espaço onde se concentra 27% da carga instalada no piso. Uma grande parte dos espaços tem uma potência instalada reduzida, havendo apenas alguns exemplos com cargas um pouco superiores, como é o caso do gabinete associativo de desenvolvimento das ciências sociais (GADCS) e dos gabinetes dos Presidentes Diretivo e Científico. O aumento de carga nestes espaços verificou-se porque existem certos equipamentos instalados com potências mais elevadas, nomeadamente, dois aquecedores (um no gabinete do presidente diretivo e outro no GADCS) e uma máquina de café (gabinete do presidente científico). Por estas razões este é um dos pisos com menor valor de carga.

Tabela 4 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 1

	Espaço	Potência [W]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
1.	Sala Trabalho	1654	5321	117,1
2.	Gab. Assoc. Desen. C.S.	2920	2741	60,3
3.	Arquivo	72	72	1,6
4.	Gab. Pres. Científico	2808	1711	37,7
5.	Gab. Pres. Diretivo	3213	2328	51,2

Eficiência no Campus Universitário: Auditoria Energética do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa

6.	Gab. Secretariado	309	1563	34,4
7.	Secretariado/Espera	981	5028	110,6
8.	Pessoal e Alunos	1824	2885	63,5
9.	Expediente	1220	3794	83,5
10.	Gabinete	1277	2684	59,0
11.	Biblioteca	7504	40 043	921
12.	Atendimento e Ficheiros	601	1433	33,0
13.	Gab. Bibliotecário	201	328	7,2
14.	Gab. Bibliotecário	531	1890	41,6
15.	Gab. Arq. Historia Social	529	1883	41,4
16.	Gab. Bibliotecário	194	327	7,2
17.	WC's	178	792	19,0
18.	Circulação	1889	8260	203,1
Total		27 905	83 923	1912

Em termos de consumo energético do piso 1, na Tabela 4 são apresentados os valores de cada espaço assim como do global do piso em questão, com um valor diário a rondar os 83,9 kWh e com um valor mensal de 1,9 MWh. Dos espaços existentes salientam-se principalmente os números 11 e 18, ou seja, a biblioteca e os corredores, respetivamente. No caso da biblioteca o período de funcionamento ronda as 10,5 horas diárias e só para iluminação são consumidos cerca de 30 kWh por dia. Para a circulação, os valores apresentados englobam igualmente os consumos do bastidor do piso e da iluminação da escada, caso contrário o valor seria cerca de 80% do apresentado.

A Figura 13 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

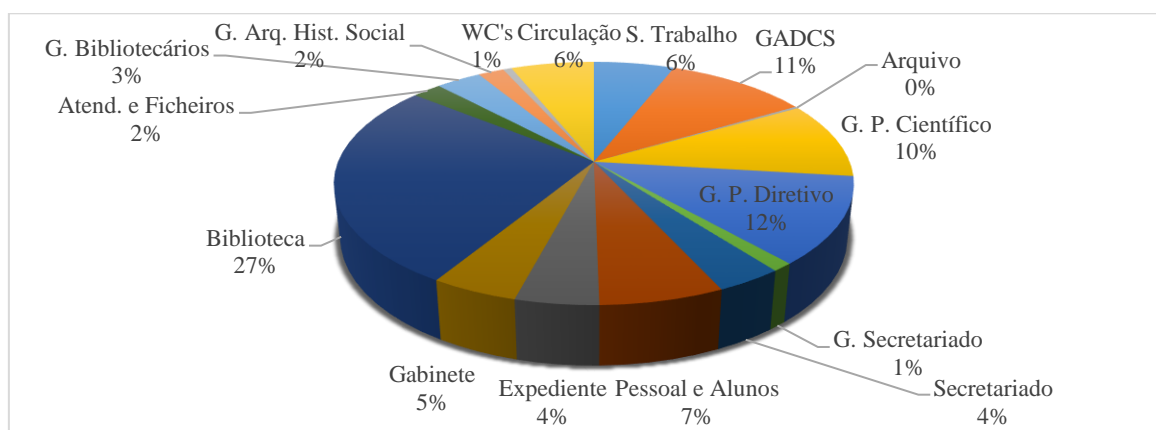


Figura 13 - Desagregação da potência por espaço no piso 1

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 14.

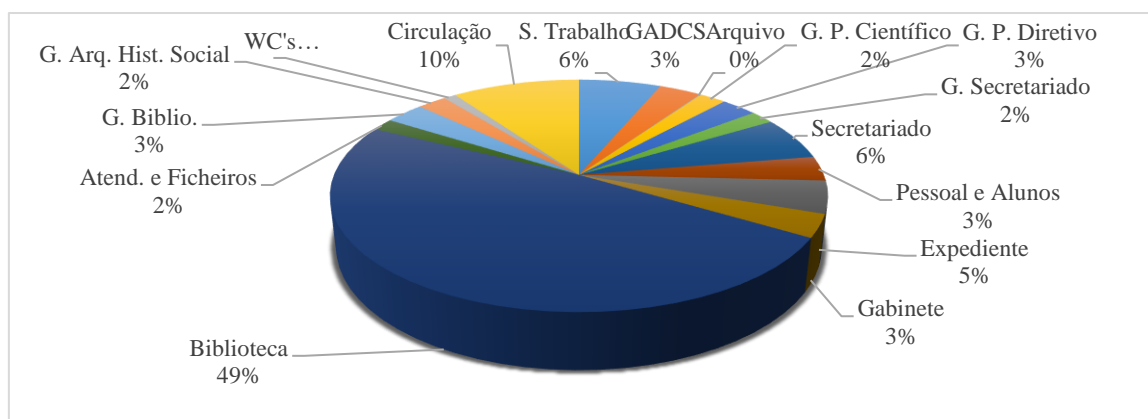


Figura 14 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso 1

4.1.1.4. Piso 2

O piso 2 é composto maioritariamente por gabinetes de investigadores, contribuindo com uma potência de 12 kW, cerca de um terço da potência total do piso. Este tipo de espaços são composto principalmente por computadores de secretária e/ou portáteis, impressoras, candeeiros e iluminação geral.

O centro de informática é o espaço com maior potência instalada no piso. Isto verifica-se porque está equipado com mecanismos com elevados consumos, como é o caso dos dois ar-condicionados *Liebert Hiross Hiflex*, anteriormente descritos no capítulo da Climatização.

A circulação também tem uma percentagem associada considerável, uma vez que estão distribuídas pelos corredores três fotocopiadoras, duas *CANON C5030i*, com potências de 1,3 kW cada, e uma *OKI B6500*, com uma potência de 880 W.

Tabela 5 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 2

	Espaço	Potência [W]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
1.	Gab. Investigador	546	1449	29,0
2.	Gab. Investigador	869	2867	57,3
3.	Gab. Investigador	478	1565	31,3
4.	Gab. Investigador	607	1758	35,2
5.	Secretariado	2911	4808	96,1
6.	Sala Trabalho	3435	3707	74,1
7.	Gab. Investigador	1445	1804	36,1
8.	Gab. Investigador	396	1164	23,3
9.	Centro Informática	19 672	25 434	779,8
10.	Gabinete	1008	1750	35,0
11.	Sala Trabalho	1365	2080	41,6
12.	Sala Publicações	834	2573	51,5
13.	Gab. Investigador	465	1198	24,0
14.	Gab. Investigador	307	783	15,7
15.	Reprografia	2374	2756	55,1
16.	Sala Projeto	1402	2010	40,2
17.	Gab. Investigador	527	1640	32,8
18.	Gab. Investigador	3039	1653	33,1
19.	Gab. Investigador	1918,5	2534	50,7

20.	Gab. Investigador	2773	2054	41,1
21.	WC's	178	869	17,4
22.	Circulação	4469	13 692	297,6
Total		51 019	80 147	1897,8

O consumo diário centra-se nos 80 kWh e em 1,9 MWh para o período mensal. Particularmente há que destacar o Centro de Informática (CI) também pelo registo diário mas principalmente pelo valor mensal apresentado, cerca de 40% do valor total do piso. Isto verifica-se porque é um espaço que tem um registo horário de 24 horas de funcionamento, diferenciando-se por isso dos restantes que apenas operam no horário básico de 8 horas. Relativamente à circulação, o consumo também é algo elevado quando comparando com a maior parte dos outros espaços. Tal como nos outros pisos, isto deve-se não só ao valor das luzes e fotocopiadoras mas também do bastidor do piso, cujo conjunto resulta no consumo apresentado.

A Figura 15 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

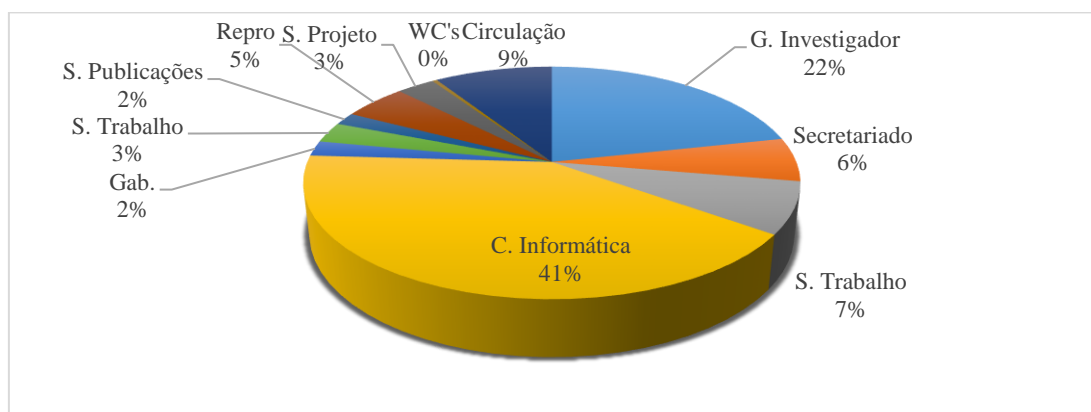


Figura 15 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 2

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 16.

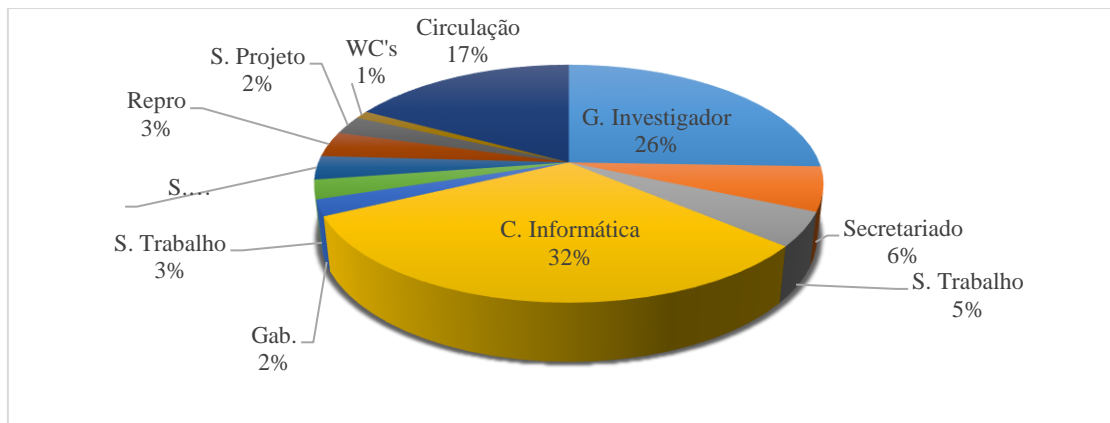


Figura 16 - Desagregação do consumo diário por espaço no piso 2

4.1.1.5. Piso 3

O piso 3 é composto na sua maioria por gabinetes, de investigadores ou de assistentes, com uma percentagem associada no total de 60%, 34% para os gabinetes de investigadores e 26% para os gabinetes de assistentes. As potências correspondentes a estas percentagens são de 9,2 kW para os gabinetes de investigadores e 7,2 kW para os de assistentes, o que totaliza o valor em cerca de 16,4 kW.

As salas com maior carga são as salas de projeto, com potências a rondar os 4 kW. No caso da sala com carga de 4,1 kW está equipada com sete computadores de secretária (com uma potência total de 1,8 kW) e um aquecedor com potência de 1,5 kW. Em relação à outra sala de projeto (potência de 3,7 kW) está equipada com 5 computadores de secretária, num total de 1,3 kW, e uma chaleira de 2 kW. De todos os pisos distribuídos pelo edifício este é o que tem a menor carga instalada.

Tabela 6 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 3

	Espaço	Potência [W]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
1.	Gab. Investigador	549	1716	37,8
2.	Gab. Investigador	522	1265	27,8
3.	Gab. Investigador	581	1613	35,5
4.	Gab. Investigador	2960	2462	54,2
5.	Gabinete	144	346	7,6
6.	Sala Projeto	3763	2386	52,5
7.	Gab. Investigador	346	801	17,6
8.	Gab. Investigador	458	1506	33,1
9.	Gab. Assistente Inv.	1300	4249	93,5
10.	Gab. Assistente Inv.	802	2652	58,3
11.	Gab. Assistente Inv.	1162	1988	43,7
12.	Gab. Assistente Inv.	841	2916	64,2
13.	Gab. Assistente Inv.	1154	1901	41,8
14.	Gab. Assistente Inv.	416	875	19,2
15.	Gab. Assistente Inv.	475	1256	27,6
16.	Sala Projeto	4120	3382	74,4
17.	Gab. Assistente Inv.	1088	1976	43,5
18.	Gab. Investigador	2505	1617	35,6
19.	Gab. Investigador	581	1670	36,7
20.	Gab. Investigador	194	0	0
21.	Gab. Investigador	552	1556	34,2
22.	WC's	178	867	19,1
23.	Circulação	2854	13 897	321,9
	Total	27 545	52 898	1180,0

Na Tabela 6 referente ao piso 3 pode-se observar que a nível diário o consumo encontra-se perto de 53 kWh e a nível mensal ronda 1,2 MWh. Quando comparado com os pisos anteriores, o consumo deste piso em ambos os períodos, diário e mensal, é inferior visto que não existem grandes diferenças entre os valores de cada espaço. Isto deve-se ao fato de inexistirem áreas de

grande volume populacional ou técnicas, mantendo um registo de energia mais constante e sem espaços com elevados consumos.

O gabinete correspondente ao espaço nº20 tem um consumo de 0 kWh diários e mensais porque segundo a empregada de limpeza, o gabinete em questão encontra-se constantemente fechado, isto é, não existe nenhum movimento de pessoal. Por essa razão, os únicos equipamentos instalados neste espaço, quatro lâmpadas FL T8 36 W e um candeeiro incandescente de 50 W, estão sempre desligados.

A Figura 17 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

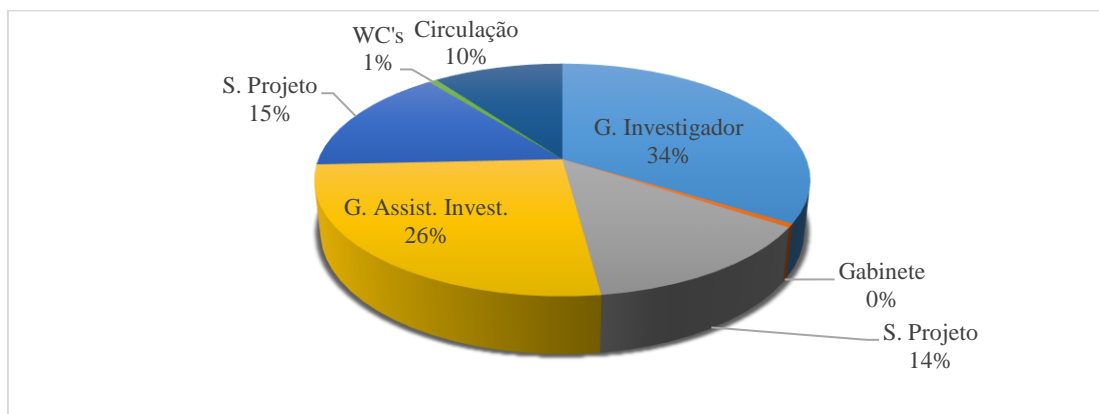


Figura 17 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 3

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 18.

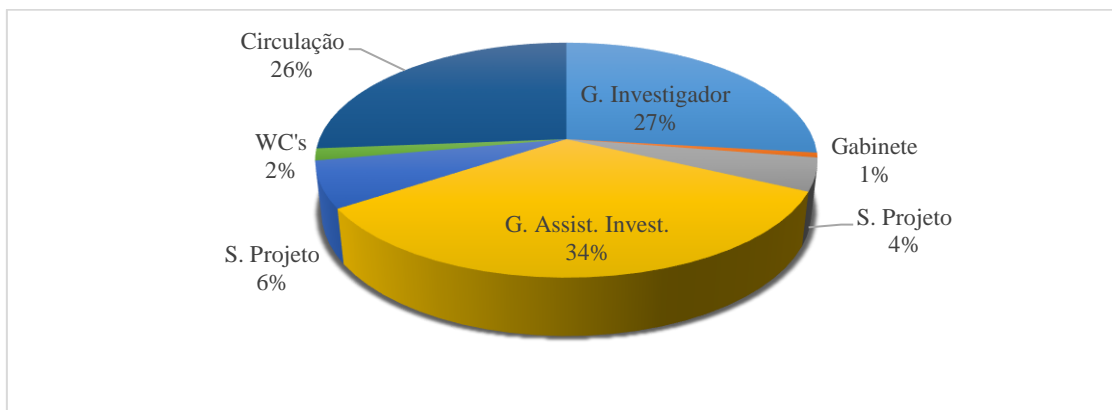


Figura 18 - Desagregação do consumo diário por tipo de espaço no piso 3

4.1.1.6. Piso 4

O piso 4 é bastante semelhante ao piso 3, sendo constituído principalmente por gabinetes de investigadores ou de assistentes. Em termos de potência/percentagem associadas a este tipo de espaço, o valor em cada gabinete não varia muito, mantendo-se normalmente entre 500 W e 1500 W. Esta variação está ligada ao número de computadores instalados, existindo espaços com vários equipamentos deste género, o que faz com que a potência seja superior. Podem verificar-se outras salas com cargas mais elevadas, tal como é o caso do primeiro gabinete de

investigador (espaço 1) da Tabela 7. Nesse caso a potência instalada é superior à média (2,5 kW) porque o compartimento está equipado com uma chaleira de 2 kW.

A sala que se destaca em termos de carga é a sala comum, com valor aproximado de 5 kW, uma vez que existem aparelhos com potências significativas, como é o caso dos micro-ondas, chaleira, cafeteira e tostadeira.

O somatório das potências dos gabinetes de investigadores é 8,3 kW, o que corresponde a cerca de 30% da potência instalada no piso. Relativamente ao somatório das potências dos gabinetes de assistentes, o valor associado é cerca de 9,2 kW, o que corresponde a 32%. Assim sendo, a potência associada ao conjunto de todos os gabinetes é 17,5 kW, ou seja, 62% de toda a potência instalada no piso.

Tabela 7 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 4

	Espaço	Potência [W]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
1.	Gab. Investigador	2562	1724	37,9
2.	Gab. Investigador	506	1580	34,8
3.	Gab. Investigador	431	1468	32,3
4.	Gab. Investigador	592	2054	45,2
5.	Gab.	144	415	9,1
6.	Gab. Assistente Inv.	882	1647	36,2
7.	Gab. Assistente Inv.	1432	2389	52,6
8.	Gab. Investigador	481	1446	31,8
9.	Gab. Assistente Inv.	1486	2448	53,9
10.	Gab. Assistente Inv.	757	2614	57,5
11.	Gab. Assistente Inv.	808	2650	58,3
12.	Gab. Assistente Inv.	1057	2492	54,8
13.	Gab. Assistente Inv.	1328	2024	44,6
14.	Gab. Investigador	517	1413	31,1
15.	Gab. Assistente Inv.	1411	1879	41,3
16.	Sala Projeto	2230	3923	86,3
17.	Sala Comum	4983	112	24,7
18.	Gab. Investigador	416	1416	31,2
19.	Gab. Investigador	1927	1418	31,2
20.	Gab. Investigador	284	753	16,6
21.	Gab. Investigador	627	1411	31,0
22.	WC's	178	1014	22,3
23.	Circulação	3326	15 082	348,0
	Total	28 365	54 382	1213

O consumo no piso 4 é idêntico ao apresentado para o piso 3, com os valores a rondar os 54 kWh diários e 1,2 MWh para o período mensal. Como já foi mencionado, os pisos 3 e 4 tem características e comportamentos energéticos bastante similares, pelo que era expectável terem consumos igualmente similares. Tendo como base que, apesar da potência instalada do 4º piso ser superior à do 3º, a potência que realmente é utilizada, é inferior à do 3º, o que associado a uma carga horária igual para os dois casos se traduz num consumo superior para o andar mais baixo. Outra justificação para a diferença entre os consumos dos dois pisos passa por comparar as médias dos consumos dos gabinetes de cada um, ou seja, sabendo que ambos os pisos são principalmente compostos por gabinetes, as médias dos consumos diários e mensais desses

espaços servem para ajudar a perceber melhor a diferença entre os consumos dos dois andares. Essa média é favorável para o piso mais baixo.

A Figura 19 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

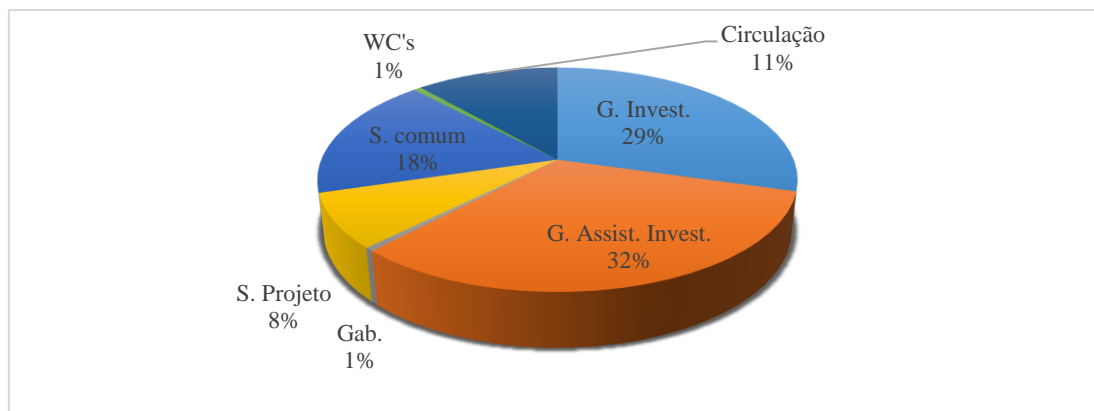


Figura 19 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 4

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 20.

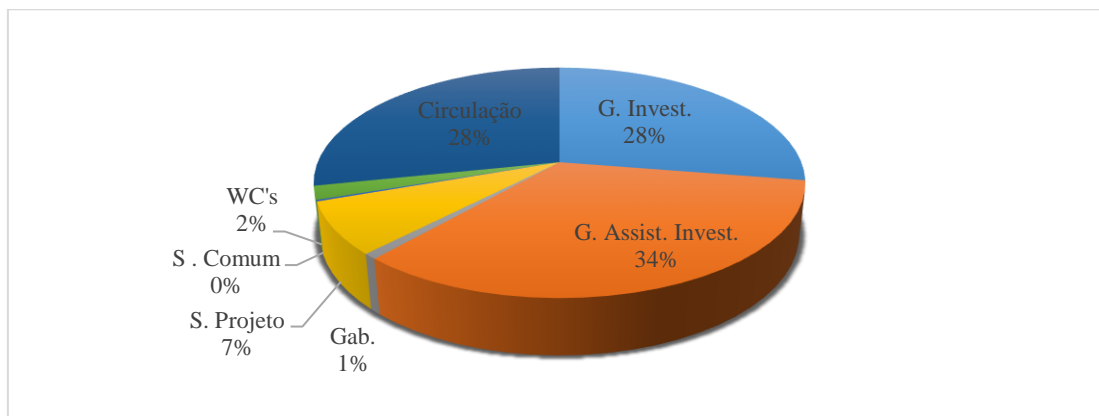


Figura 20 - Desagregação do consumo diário por tipo de espaço no piso 4

4.1.1.7. Piso 5

O piso 5 é composto na sua maioria por gabinetes, com uma potência agregada que perfaz um total de 11,5 kW, ou seja, cerca de 40% da carga instalada no piso. Apesar do elevado número de gabinetes no piso, tendo em conta os restantes espaços, a maior porção de carga pertence ao compartimento da ‘Cozinha’, com quase 50% do valor total. Isto verifica-se porque existem variados mecanismos elétricos com potências elevadas presentes neste espaço. De salientar, uma máquina de café (2,5 kW), uma máquina de lavar roupa (2,2 kW), uma máquina de lavar loiça (2,2 kW), um forno/micro-ondas (2,8 kW) e um ferro de engomar (2,4 kW). Desta forma fica a sobrar cerca de 10% da potência, valor que está distribuído pelo corredor, WC's, terraço e sala de convívio. Este piso tem um número de gabinetes inferior aos pisos 2, 3 e 4, uma vez que a área útil também é inferior devido à existência de um terraço que ocupa cerca de 40% da área total do piso.

Tabela 8 - Potência e respetivos consumos dos espaços do piso 5

	Espaço	Potência [W]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
1.	Gabinete	461	1198	37,9
2.	Gabinete	1469	758	18,0
3.	Gabinete	1271	2937	52,5
4.	Gabinete	735	2547	58,0
5.	Gabinete	1321	4551	100,1
6.	Gabinete	1556	2018	58,6
7.	Gabinete	259	657	14,5
8.	Gabinete	1489	1932	56,0
9.	Gabinete	1050	2490	81,2
10.	Gabinete	1265	3052	98,3
11.	Gabinete	580	2028	44,6
12.	Cozinha	14 470	8668	127,8
13.	Sala Convívio	277	1301	28,6
14.	Terraço	513	126	2,8
15.	WC's	160	924	20,3
16.	Circulação	2220	8718	194,0
	Total	29 096	43 417	968,3

Em termos de consumos, são inferiores quando comparados com os restantes pisos (novamente considerando que o piso -1 é um piso secundário e que não entra para a comparação), com um valor de 43 kWh para o período diário e cerca de 1 MWh para o período mensal. Para este caso o comportamento energético é análogo aos dois pisos anteriores, sendo igualmente composto na sua maioria por gabinetes, apesar de a quantidade ser menor. Isto verifica-se uma vez que o número de espaços neste andar é mais reduzido que nos outros pisos, existindo apenas 11 gabinetes enquanto nos pisos 3 e 4 a quantidade é de 19. Em termos de consumos neste setor, regista-se uma diferença não favorável para o piso 5, como seria de esperar. Contudo essa diferença não é muito elevada uma vez que a média do consumo mensal dos gabinetes do piso 5 é superior à dos pisos 3 e 4. Para além de a média ser superior, existe ainda a cozinha, que contribui consideravelmente para o consumo total.

A Figura 21 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

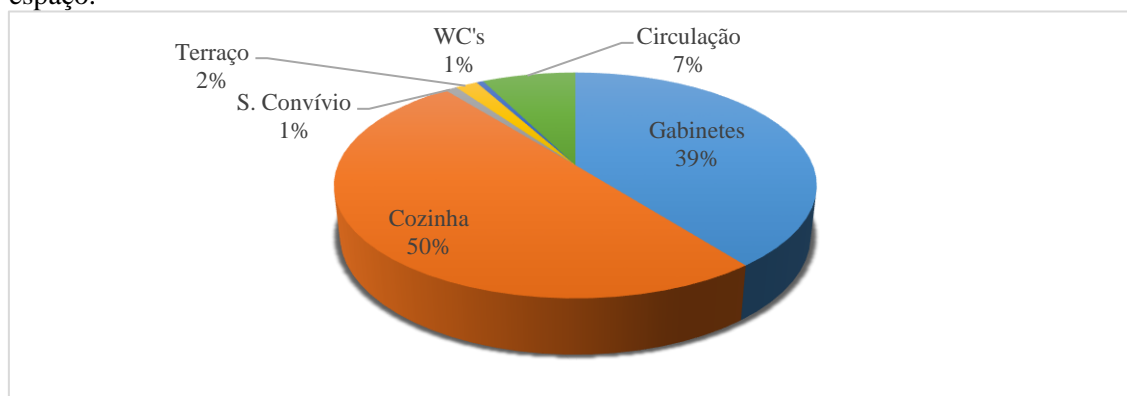


Figura 21 - Desagregação da potência instalada por tipo de espaço no piso 5

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 22.

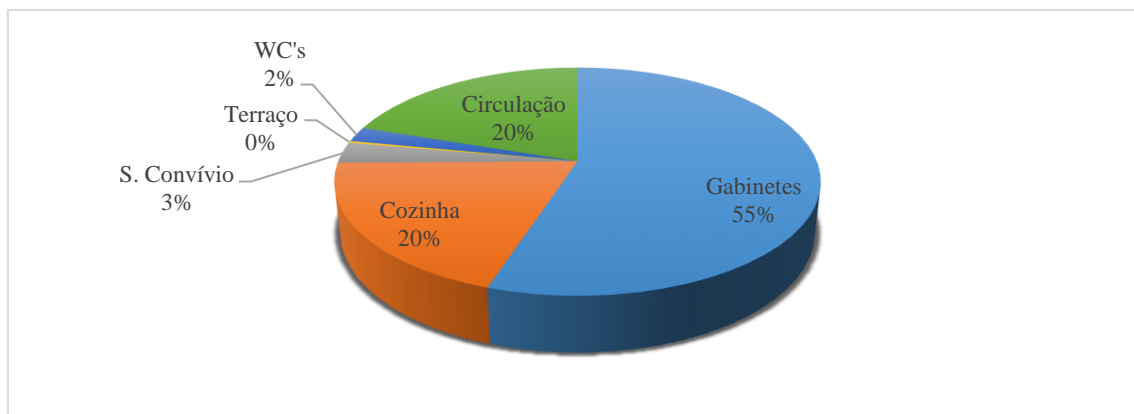


Figura 22 - Desagregação do consumo diário por tipo de espaço no piso 5

4.1.1.8. Piso 6

Tal como foi mencionado no anterior capítulo 3.9, este piso destina-se unicamente à vertente técnica do edifício, quer em termos de sistema de AVAC, quer a nível dos elevadores centrais. Por essa razão este é o piso com maior potência instalada uma vez que existem vários componentes ligados ao sistema de climatização, e não só, com valores unitários elevados. Na Tabela 9 é possível observar todos os equipamentos, e respetivas potências, integrantes do piso em questão.

Tabela 9 - Equipamentos, e respetivas potências, instalados no piso 6

Tipo	Equipamento	Potência Instalada [W]	Potência Total Instalada [kW]
Eletricidade	Bombas Caldeira (ida)	BSC 1 BSC 2 BSC 3	1500 370 550
	Bombas Caldeira (retorno)	BPC 1 BPC 2	750 750
	Bombas Chiller (ida)	BSF 1 BSF 2 BSF 3	2000 550 750
	Bombas Chiller (retorno)	BPF 1 BPF 2	1500 1500
		VE 6.1 VE 6.2 VE 6.3	1040 2492 438
	Unidades de Ar	UTA 6.1 UAP 6.1 UE 6.1 UE 6.2	1863 10 837 1947 6566
		Ventiladores 2º piso	1150
	Chiller		81 000
	Elevadores Centrais		8059
	Iluminação		324
			125
Gás	Caldeira	206 000	206

Como se pode verificar, o somatório da carga elétrica instalada no piso 6 é 125 kW, enquanto em termos de gás encontra-se nos 206 kW. Em termos elétricos é de salientar, principalmente, a elevada potência do *chiller*, o que, só por si, é superior a todas as potências dos restantes pisos. No caso das Unidades de Ar, realça-se o valor da UAP, cerca de 10,9 kW, uma vez que está encarregue de tratar e renovar o ar de todo o edifício, com exceção do anfiteatro. Tal como foi mencionado no capítulo 2.4.2, este local tem um sistema de tratamento de ar próprio, a UTA, com uma potência de, aproximadamente, 1,9 kW.

Em relação aos ventiladores de extração (VE), em termos potenciométricos, era esperado que o VE 6.3, com 400 W, tivesse o menor valor de carga, tendo em conta que o caudal associado é o mais baixo quando comparado com os restantes ventiladores. Seguindo o mesmo raciocínio, logicamente o VE 6.2 terá o valor mais elevado, uma vez que tem o maior caudal, por estar ligado aos 7 espaços sanitários, e o VE 6.1 terá o valor intermédio. Desta forma, as potências dos últimos dois mecanismos são 2,5 kW e 1 kW, respetivamente.

No total, a potência das componentes ligadas às Unidades de Ar tem um valor de 26,3 kW.

Relativamente às bombas dos sistemas produtores, *chiller* e caldeira, cada sistema tem 2 bombas de ida e 3 de retorno. Para o *chiller*, o conjunto das bombas de ida tem um valor de 3 kW, enquanto para as de retorno o valor encontra-se nos 3,3 kW, resultando num total de 6,3 kW. Para a caldeira, as bombas de ida totalizam 1,5 kW e as de retorno rondam os 2,4 kW, o que totaliza 3,9 kW.

A Figura 23 seguinte apresenta a percentagem associada às potências dos equipamentos integrantes do piso 6.

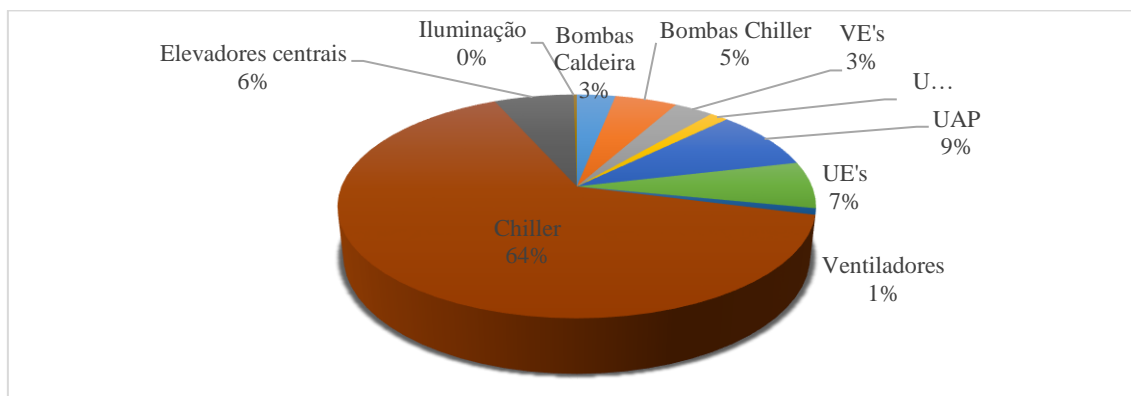


Figura 23 - Percentagens associadas às potências dos vários equipamentos do piso 6

No dia 17/6/2015 às 12h foi colocado um analisador de redes, modelo *CHAUVIN ARNOUX CA 8335*, ligado ao quadro elétrico do piso 6, unicamente para a parte técnica do edifício. No dia 22/6/2015 às 12h o analisador terminou a medição da carga. Nestes 5 dias, de quarta-feira até segunda-feira, foi possível retirar toda a informação relativa ao comportamento energético do piso técnico. Após uma cuidada análise aos dados registados foi possível descobrir os valores de energia utilizados em cada dia e consequentemente efetuar uma estimativa para um dia arbitrário com base na média dos valores obtidos.

Para se perceber melhor o comportamento elétrico do piso em questão, é apresentada a Figura 24 referente à potência instantânea medida pelo analisador. É necessário ter em conta que a esta altura o *chiller* encontrava-se em período de funcionamento, tal como as bombas associadas.

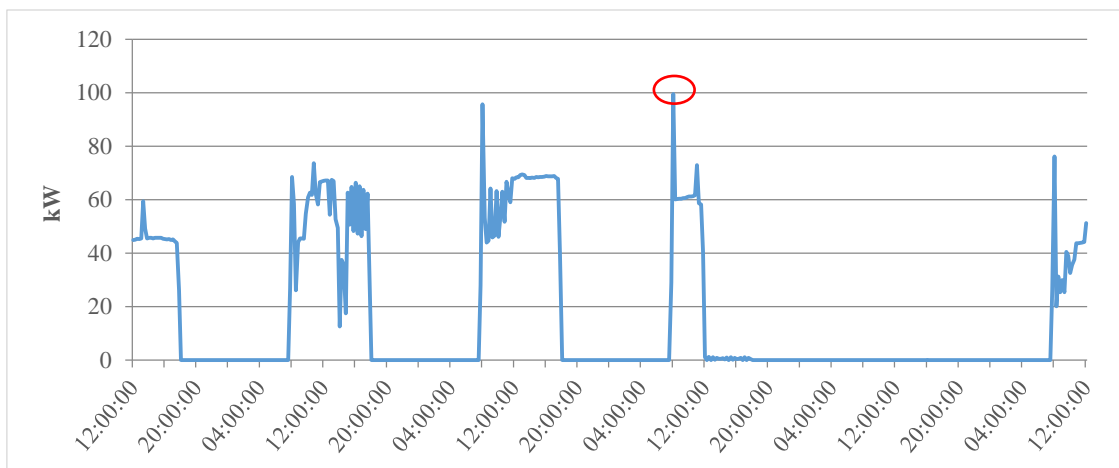


Figura 24 - Potência instantânea do piso 6 registada pelo analisador

A medição ocorreu no período de quarta-feira a segunda-feira, com início e fim às 12h desses mesmos dias. O período de funcionamento situa-se entre as 8h e as 18h, durante o período da noite a potência registada é nula, o que indica que não existe nenhum consumo, tal como todo o dia de domingo. Contrariamente ao esperado, o dia com o maior pico é sábado de manhã (identificado no gráfico com uma elipse vermelha), onde existe um momento, por volta das 8h, em que a potência instantânea atinge perto de 100 kW. Estes picos devem-se ao fato de existir um misto de equipamentos que começam a trabalhar a este momento, nomeadamente os equipamentos ligados ao AVAC, que a este momento realizam o tratamento do ar de todos os compartimentos do edifício. Tendo em conta que durante a noite não existe trabalho a ser realizado e que o ar dos espaços do ICS não foi tratado nem renovado, é normal verificarem-se estes picos matinais, uma vez que é quando o sistema AVAC começa a exercer a função de tratamento e renovação do ar. Associado a este fato vem ainda que devido às dimensões e potências dos equipamentos, as correntes de arranque dos mesmos são elevadas, o que contribui para alcançar tal pico.

Através das medições do analisador de redes foi igualmente possível estimar a que potência realmente opera o *Chiller*. Com base na potência instantânea registada ao longo de cada dia da medição, e efetuando posteriormente a média desses valores, foi possível obter uma aproximação de 58 kW instantâneos ao longo de um dia arbitrário. Este valor serve como base para descobrir a potência do *Chiller*. Tendo em conta que um dos elevadores está a funcionar e que as bombas de circulação e as unidades de ar estão igualmente a funcionar, é possível chegar a uma estimativa de 20 kW de potência, o que corresponde a cerca de 25% da potência nominal.

Tendo em conta estes aspetos, assim como os dados registados pelo analisador e as informações disponibilizadas pelos elementos do ICS, foi possível chegar aos resultados referentes ao consumo teórico do piso 6, apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Consumos referentes ao piso 6

Equipamento		Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
Bombas Caldeira	BSC 1	13,5	318,6
	BSC 2	3,33	78,59
	BSC 3	4,95	116,82
Bombas Caldeira	BPC 1	6,75	159,3
	BPC 2	6,75	159,3
Bombas <i>Chiller</i>	BSF 1	18	424,8
	BSF 2	4,95	116,8
	BSF 3	6,75	159,3

Eficiência no Campus Universitário: Auditoria Energética do Instituto de Ciências Sociais
Universidade de Lisboa

Bombas <i>Chiller</i>	BPF 1	13,5	318,6
	BPF 2	13,5	318,6
Unidades de Ar	VE 6.1	9,4	234,1
	VE 6.2	22,4	560,7
	VE 6.3	3,9	98,6
	UTA 6.1	16,8	419,3
	UAP 6.1	97,5	2438,3
	UE 6.1	17,5	438,1
	UE 6.2	59,1	1477,2
	Ventiladores 2º piso	2,6	64,7
	<i>Chiller</i>	182,25	4301,1
Elevadores Centrais		36,1	817,7
Iluminação		0,2	4,1
Total		504,4	12 192

Os dados apresentados são referentes a um dia e mês típicos de Verão, ou seja, período em que o *Chiller* se encontra em funcionamento. Por essa razão não foram contabilizados os consumos associados às bombas da Caldeira para o cálculo final do consumo total. Ao comparar-se o resultado diário total obtido, 504,4 kWh, com o valor médio estimado com base nos dados do analisador, 532 kWh, verifica-se que a aproximação é consideravelmente aceitável. Apesar do resultado ser ligeiramente diferente os valores estão distanciados por uma margem reduzida, que na prática é um pouco insignificante uma vez que existem dias com registos inferiores ao estimado.

Para o Inverno, período referente ao uso da Caldeira, o consumo elétrico diário total contabilizado teve um valor de 300,8 kWh e não foram contabilizados os consumos das bombas do *Chiller*. Neste caso o consumo contará com uma acentuada redução proveniente da inutilização do *chiller*, que é o equipamento com a maior carga de todo o edifício. Neste caso passa a não existir os elevados picos matinais que se observavam na Figura 24, assim como outros picos que possam ocorrer ao longo de um dia, derivado da entrada em funcionamento do *chiller*.

A uma escala mensal, o consumo elétrico neste período é igualmente inferior ao do Verão, situando-se por volta dos 7,4 MWh.

Em termos anuais, soma do período de utilização do *chiller* com o de utilização da caldeira mais o consumo do mês de Abril (mês em que nenhum dos sistemas de produção de energia térmica se encontra a funcionar), o consumo elétrico é cerca de 112 MWh.

Na Figura 25 seguinte são apresentadas as percentagens associadas ao consumo diário dos equipamentos integrantes do piso 6.

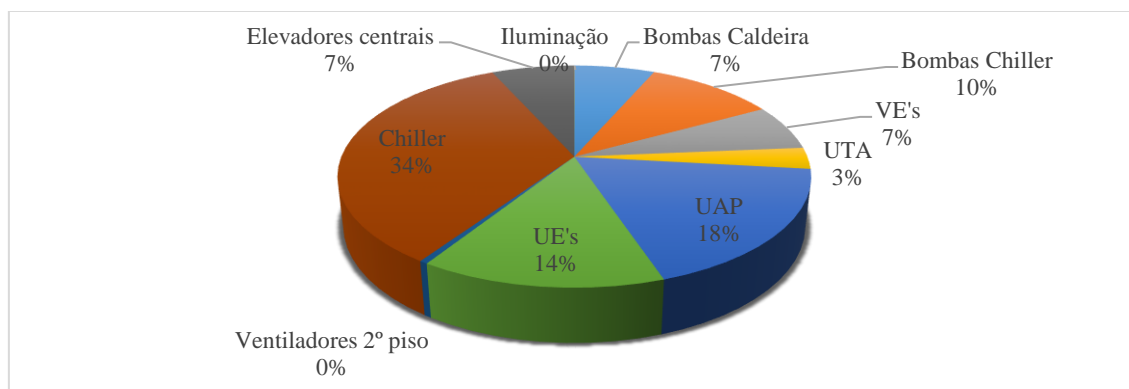


Figura 25 - Percentagens associadas ao consumo diário dos equipamentos do piso 6

Passando agora aos dados do analisador de redes, é apresentada a Figura 26 seguinte referente à medição do consumo diário efetuada no período de quarta-feira a segunda-feira.

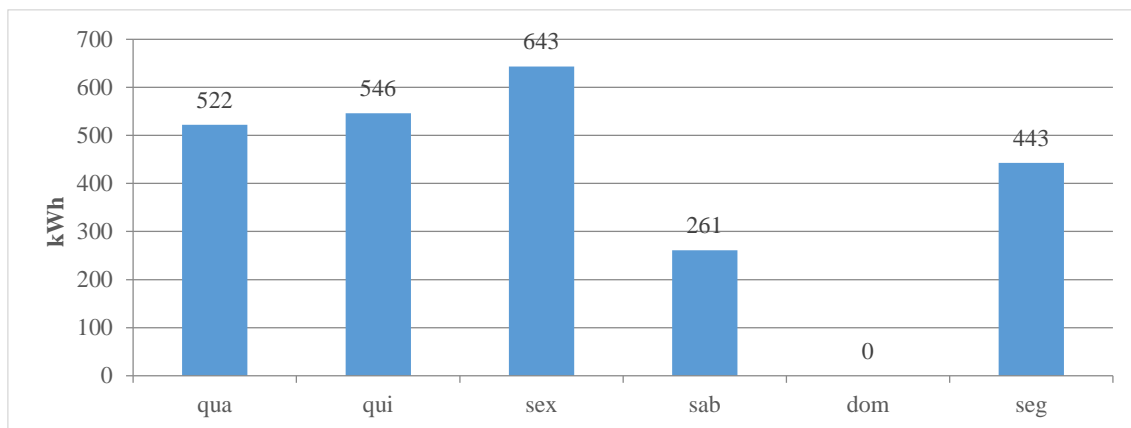


Figura 26 - Consumo diário do piso 6 registado pelo analisador

O gráfico da Figura 26 mostra o consumo de cada um dos dias de medição. Pelo que é possível observar, o dia de maior destaque é o dia de sexta-feira. Em valores absolutos, a sexta-feira contabiliza o maior valor entre os demais, com 643 kWh, enquanto a quinta-feira contabiliza 546 kWh. Para os dias de quarta-feira e segunda-feira existem diferenças na forma de calcular o consumo, no caso de quarta-feira o total contabilizado foi de 260 kWh e para segunda-feira o valor é de 173 kWh. Isto advém do fato de que a medição ocorreu durante menos tempo nestes dias, 6 horas (desde as 12h até às 18h) no caso de quarta e 4,5 horas (das 7.30h até às 12h) para o caso de segunda. No entanto, com auxílio das médias de consumo diário para as manhãs e para as tardes (262 para a manhã e 270 para a tarde, o que perfaz o valor anteriormente referido de 532 kWh para um dia inteiro), adicionou-se os 262 kWh ao consumo de quarta-feira e os 270 kWh ao consumo de segunda-feira. Desta forma, estes dias obtiveram como valor total 522 kWh e 443 kWh, respetivamente.

Em relação aos restantes dias, sábado e domingo, o comportamento dos equipamentos é bastante diferente. No primeiro apenas se regista o funcionamento do sistema AVAC na parte da manhã, sendo que à tarde apenas funcionam os elevadores, no segundo, não existe, de todo, consumo elétrico no piso 6, uma vez que o AVAC está igualmente desligado para este dia e como não há movimento no ICS, os elevadores encontram-se também fora de utilização. Apesar disto, o fato de o período de análise ter incluído o fim de semana é bastante positivo porque permite avaliar o comportamento elétrico do piso 6 em dias de ocupação mais baixa e até mesmo nula, como é o caso de sábado e domingo, respetivamente. No que toca a valores de consumo para estes dois dias, o resultado é 261 kWh para sábado (257 kWh para a manhã e 4 kWh para a tarde) e para domingo o resultado é 0 kWh, como seria de esperar.

No total dos dias incluídos pela medição o consumo agregado final contabilizou cerca de 1,88 MWh.

4.1.1.9. Desagregação de potências e consumos

A Figura 27 apresenta o gráfico relativo à desagregação da potência instalada por piso. Tendo em conta os dados descritos nas tabelas anteriores para cada piso, é fácil deduzir que o piso 6 é o que tem maior penetração no globo da potência instalada, cerca de um terço do total. Em relação aos pisos inferiores, verifica-se uma distribuição da carga igual para os pisos 1, 3, 4 e 5, enquanto para os -1, 0 e 2 os valores são um pouco superiores.

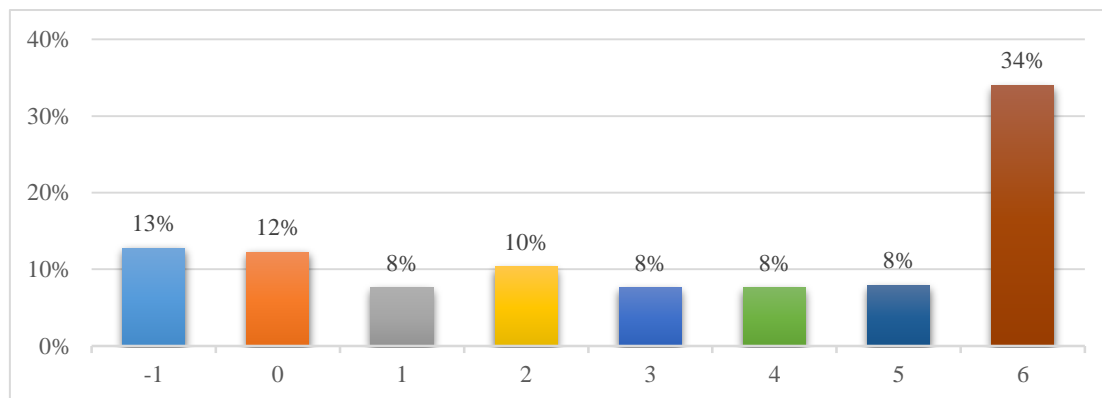


Figura 27 - Desagregação de potências por piso

Para a vertente do consumo a Figura 28 mostra a penetração de cada um dos pisos no total consumido no edifício.

Para este caso verifica-se que o consumo do piso 6 corresponde a mais de metade do total. Tal facto está relacionado com as várias horas de funcionamento do sistema de AVAC. Para os restantes pisos destacam-se o 1º e o 2º, com percentagens a rondar os 10%, e o piso -1 por ter o menor valor percentual.

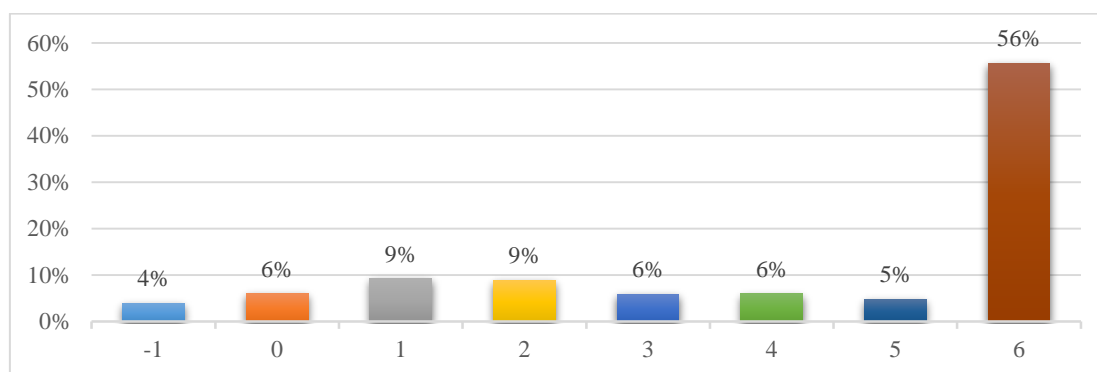


Figura 28 - Desagregação do consumo diário por piso

4.1.2. Por setor

Uma vez apresentados os valores relativos às potências e consumos em cada compartimento, e respetivo piso, é necessário também descrever as estimativas por setor. Quer isto dizer que, apesar de já ter sido efetuada uma análise a cada piso, é igualmente importante, ou até mesmo de importância superior, realizar uma análise aos valores de cada tipo de vertente. Entende-se como setor todos os espaços que se englobem no mesmo âmbito, ou seja, a vertente do sistema AVAC, gabinetes, corredores, espaços de apresentação (salas de aulas, anfiteatro, sala de conferências e sala de seminários), cozinhas, material informático (computadores, impressoras e fotocopiadoras), iluminação, elevadores e AQS. É imperativo realizar uma análise aos dados de cada vertente de forma a se perceber as características e o comportamento energético de cada uma delas. Posteriormente será mais simples e objetivo estudar, e consequentemente pôr em prática, possíveis medidas de eficiência energética em termos de vertente, quando comparado com uma intervenção ao nível de cada piso.

4.1.2.1. Gabinetes

Os gabinetes são o tipo de espaço que existe em maior número no ICS, mais precisamente 67 espaços, 5 no piso 1, 13 no piso 2, 19 nos pisos 3 e 4, e 11 no piso 5. Consequentemente, e tendo em conta os equipamentos presentes nesses espaços, nomeadamente, computadores de mesa e/ou portáteis, impressoras e candeeiros, assim como iluminação geral, têm um peso bastante significativo na carga total do edifício, a rondar os 72 kW. Sendo este um edifício destinado a fins académicos e literários, a utilização de ferramentas como o computador é um ponto fundamental. Associando este fato à elevada quantidade de horas de utilização destes aparelhos, o consumo final deste setor será igualmente elevado.

Tabela 11 - Potência e respetivos consumos relativos aos gabinetes de cada piso

Pisos	Potência [kW]	Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
1	11,8	11	243
2	14,4	22,2	444
3	16,6	32,4	712
4	17,6	33,2	731
5	11,5	24,2	543
Total	71,9	123	2673

Tal como era expectável, este setor apresenta consumos diários e mensais elevados. Os pisos 3 e 4 são os que englobam um maior número de gabinetes, por isso seria também espectável que o somatório do consumo dos gabinetes destes pisos seria superior, seguido dos pisos 2 e 5, e por último o piso 1. A uma escala diária o valor total do somatório do consumo de todos os gabinetes ronda os 120 kWh. A uma escala mensal esse valor ronda os 2,7 MWh.

A Figura 29 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada piso.

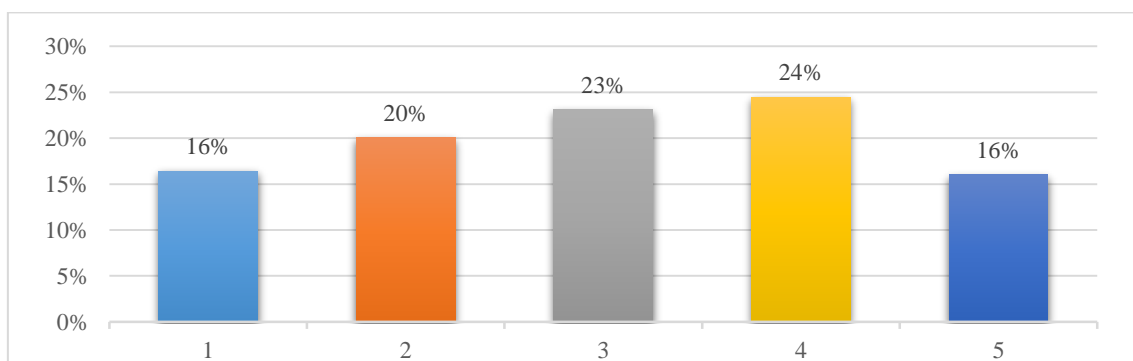


Figura 29 - Desagregação da potência instalada por piso no setor dos gabinetes

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por piso, como se pode observar na Figura 30.

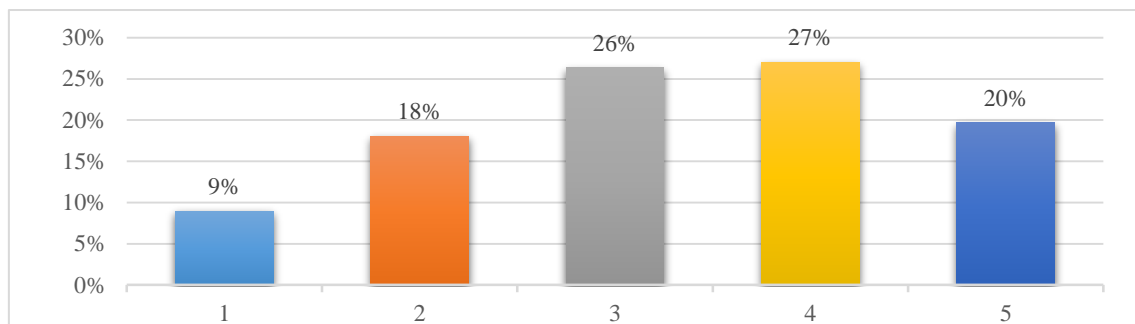


Figura 30 - Desagregação do consumo diário por piso no setor dos gabinetes

4.1.2.2. Corredores

Na vertente dos espaços de circulação a potência total ronda os 20 kW, com destaque para o piso 0, com 5 kW instalados. Este valor deve-se principalmente ao número de equipamentos, com potências consideráveis, presentes neste mesmo piso, de salientar, um aquecedor e duas máquinas de venda automática. Os pisos 2 a 5 também têm cargas significativas uma vez que estão equipados com fotocopiadoras cujas potências rondam 1 kW, maioritariamente. O piso 2 tem o valor mais elevado visto que está equipado com três unidades deste género. A iluminação também é um campo que merece destaque tendo em conta que no somatório de todos os pisos estão instalados cerca de 5,2 kW.

Tabela 12 - Potência e respetivos consumos relativos aos corredores de cada piso

Pisos	Potência [kW]	Consumo diário [Wh]	Consumo mensal [kWh]
-1	0,6	1012	24
0	5	10497	299
1	1,7	6644	154
2	4,4	11 356	227
3	2,8	11 921	262
4	3,2	13 106	288
5	2,2	7462	164
6	0,2	30	1
Total	20,1	62 028	1420

Estes são os únicos espaços que se encontram distribuídos por todo o edifício, desde o piso -1 até ao 6. Os corredores representam uma importante parcela do consumo do ICS, cerca de 62 kWh e 1,4 MWh, a nível diário e mensal, respetivamente. Em termos individuais destacam-se os consumos dos pisos 0, 2, 3 e 4, com consumos significativamente superiores aos demais. No caso do piso 6 o consumo é bastante reduzido visto que a afluência de pessoas neste piso é igualmente reduzida, não existindo ocupação constante, por isso, as luzes do corredor estão sistematicamente desligadas.

A Figura 31 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada piso.

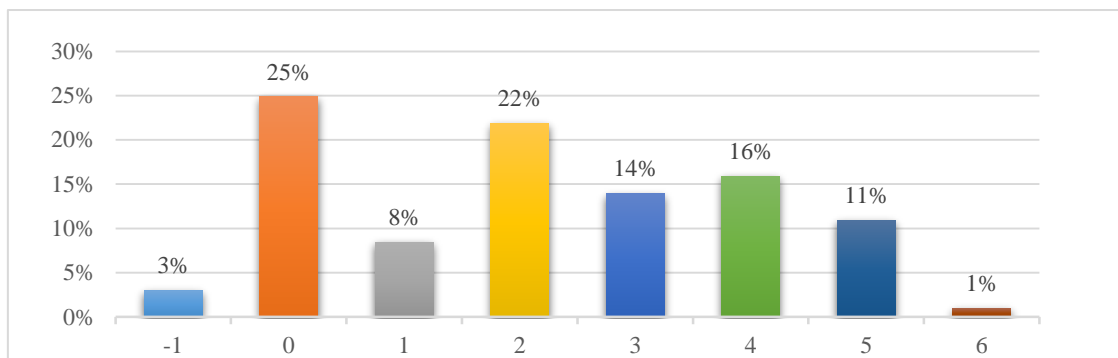


Figura 31 - Desagregação da potência instalada por piso no setor dos corredores

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por piso, como se pode observar na Figura 32.

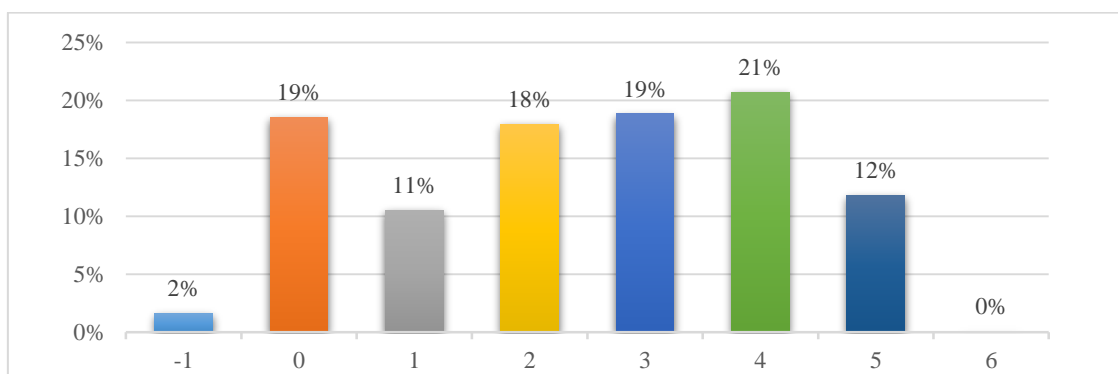


Figura 32 - Desagregação do consumo diário por piso no setor dos corredores

4.1.2.3. Espaços de apresentação

Este género de compartimentos encontra-se unicamente no piso 0 e são indicados para todo o tipo de apresentações e palestras, ou seja, eventos com um número considerável de pessoas. A maior parte da carga nestes espaços deve-se à iluminação instalada uma vez que em termos de equipamentos a quantidade e potência associadas são relativamente baixas. O anfiteatro é um caso especial visto que, apesar dos cerca de 4 kW em iluminação, tem igualmente vários equipamentos instalados, desde videoprojetores a amplificadores e mesas de mistura.

Tabela 13 - Potência e respetivos consumos relativos aos espaços de apresentação

Espaços	Potência [kW]	Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
Sala de Seminários	1,1	2,8	62
Sala de Conferências	3	5,4	119
Salas de Aulas	2,2	2,1	45
Anfiteatro	8,4	3,6	79
Total	14,7	13,9	305

O consumo agregado de todos os compartimentos assume um total diário a rondar os 14 kWh, o que a nível mensal se traduz em 305 kWh. Cerca de 40% deste total está associado ao consumo da sala de conferências, ou sala polivalente, uma vez que, apesar de não ser o espaço com maior potência instalada, como se verificou no capítulo 4.1.1.2, tem uma carga horária elevada (quase

15 h/semana). Para os restantes espaços, ou funcionam poucas horas por semana (como é o caso do anfiteatro, cerca de 2,8 h/semana) ou a sua carga é relativamente baixa quando comparada com as outras (p.e. a sala de seminários opera cerca de 20 h/semana mas como tem uma carga inferior o consumo não é tão elevado).

A Figura 33 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada espaço.

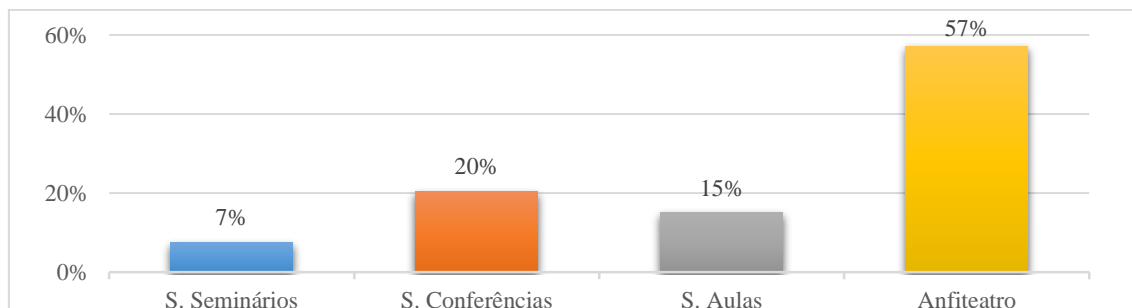


Figura 33 - Desagregação da potência instalada por espaço no setor dos espaços de apresentação

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 34.

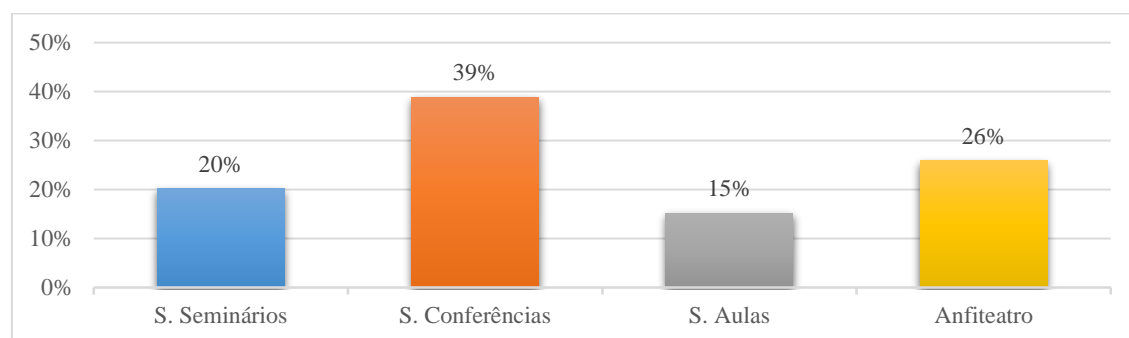


Figura 34 - Desagregação do consumo diário por espaço no setor dos espaços de apresentação

4.1.2.4. Cozinhas

Em relação às áreas ligadas à parte da alimentação, em termos totais, a potência ronda os 46 kW. Como seria de esperar a cozinha do piso 0 é a que tem maior carga instalada visto que é o local onde se concentram a maior parte dos investigadores, e restantes integrantes do ICS, nas horas das refeições, mais precisamente almoço e pequeno-almoço, o que leva a que haja instalado um número considerável de mecanismos profissionais ligados à restauração. Por esta razão esta é a área mais frequentada e com maior afluência de pessoas, uma vez que as restantes são direcionadas para um uso mais restrito. Ou seja, a do piso -1 é apenas para usufruto dos funcionários do ICS e a do piso 5 é utilizada para a confeção de comida quando existem determinados encontros ou eventos. Comparando estas duas últimas, a cozinha do quinto piso tem instalados equipamentos extras, como é o caso de uma máquina de lavar louça, uma máquina de lavar roupa, um ferro de engomar e um forno, o que eleva a carga do espaço.

Tabela 14 - Potência e respetivos consumos relativos às cozinhas do edifício

Espaços	Potência [kW]	Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
Cozinha piso -1	9	2,4	63

Bar/Cozinha piso 0	22,2	22,3	535
Cozinha piso 5	14,5	8,7	191
Total	45,7	33,4	789

Em termos de consumos, é cerca de 33 kWh num período de um dia, o que em termos mensais se traduz num consumo de quase 800 kWh.

Como seria de esperar, a cozinha do piso 0 é a que apresenta os maiores valores, tendo em conta que, para além de ter a maior potência instalada (muitas vezes este aspeto acaba por ser relativo, dependendo sempre das horas de funcionamento), é um espaço alimentar destinado a toda a população do ICS e que opera segundo um horário laboral específico, ao contrário das restantes que são destinadas aos funcionários do edifício, uma para uso pessoal (cozinha piso -1) e outra para eventos esporádicos (cozinha piso 5).

A Figura 35 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada piso.

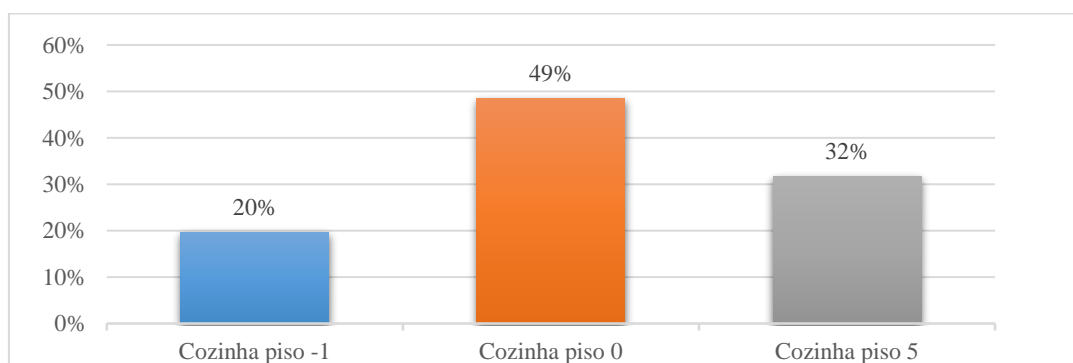


Figura 35 - Desagregação da potência instalada por piso no setor das cozinhas

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 36.

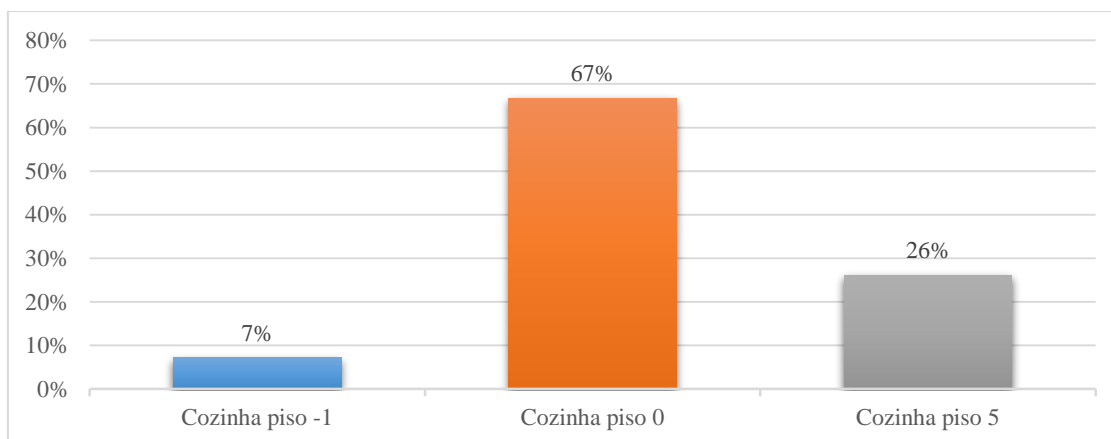


Figura 36 - Desagregação do consumo diário por piso no setor das cozinhas

4.1.2.5. Material informático

Como seria de esperar, na vertente dos equipamentos informáticos regista-se uma carga acentuada, cerca de 70 kW, com destaque para o elevado valor atribuído à parcela dos computadores, 53 kW aproximadamente. Este tipo de equipamento conta com 112 unidades, sejam computadores de mesa ou portáteis, distribuídas pelos gabinetes e salas dos pisos 0 até 5. Relativamente às fotocopiadoras, existem 11 unidades distribuídas principalmente pelos corredores dos pisos e contribuem no total com cerca de 12 kW. No caso dos scanners, existem 8 unidades e individualmente têm potências baixas, daí o valor total ser igualmente baixo. Por último, os 4 videoprojetores existentes estão instalados nos espaços onde ocorrem apresentações, 2 no anfiteatro e 1 em cada sala de aula mais precisamente, e unitariamente contribuem com potências de 270 W, no caso das salas de aulas, e de 915 W, no caso do anfiteatro.

Tabela 15 - Potência e respetivos consumos relativos aos equipamentos informáticos

Equipamento	Potência [kW]	Consumo diário [kWh]	Consumo diário [kWh]
Computadores	52,9	124,3	2707
Impressoras	1,9	0,16	3,4
Fotocopiadoras	12,2	25,5	552
Scanners	0,2	0,01	0,3
Videoprojectores	2,6	2,4	52
Total	69,8	152,3	3315

Os equipamentos que mais consomem são, obviamente, os computadores, com cerca de 82% do total, não só pela quantidade existente, mas também pelas horas de utilização médias. Para os restantes tipos de equipamentos apenas as fotocopiadoras assumem valores significativos quando comparados aos totais.

A Figura 37 mostra a desagregação da potência e as respetivas percentagens associadas a cada tipo de equipamento.

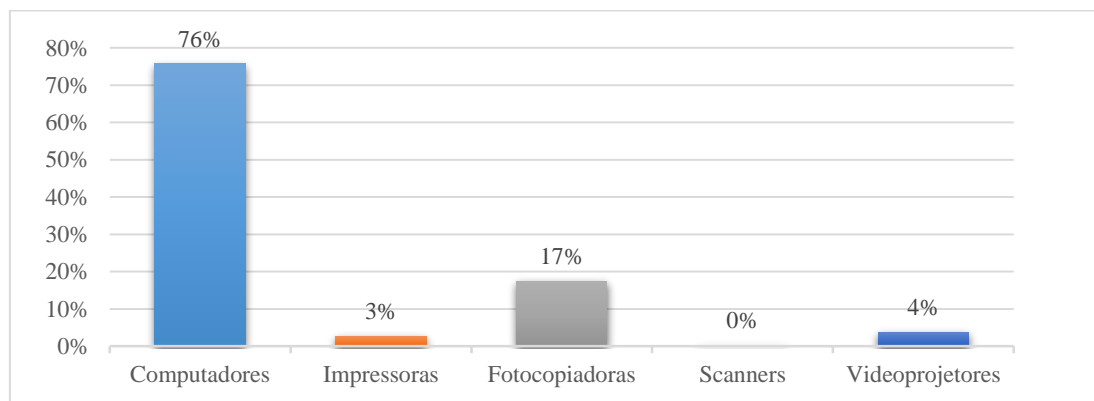


Figura 37 - Desagregação da potência instalada por tipo de equipamento no setor do material informático

Para a parte do consumo diário é igualmente apresentada a desagregação por espaço, como se pode observar na Figura 38.

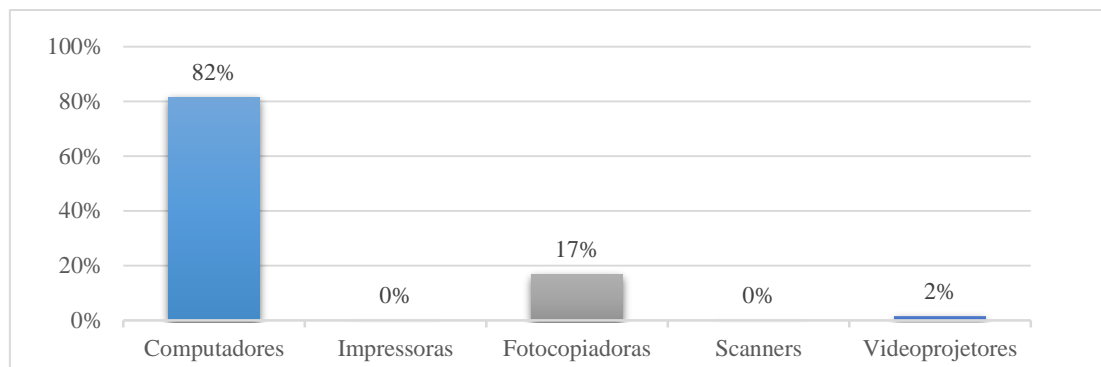


Figura 38 - Desagregação do consumo diário por tipo de equipamento no setor do material informático

4.1.2.6. Iluminação

Em relação ao campo da iluminação, no ponto 2.3 foram referidas apenas quantidades relativas a cada tipo de luz, por isso é necessário passarmos agora a uma análise em termos de valores de potência, de forma a avaliar a percentagem de cada tipo de lâmpada relativamente à potência total instalada.

Como na análise do ponto 2.3, as fluorescentes T8 de 36W continuam a ter o domínio, desta vez em termos de watts instalados, com um valor próximo dos 30 kW, o que corresponde a quase 70% da potência total instalada, como se pode verificar na Figura 39. Por sua vez, as lâmpadas de halogéneo são as que se sucedem às FL T8 36W, com destaque para as de 50 W, com quase 13% da potência instalada, o que corresponde a mais de 5 kW. Ainda relativo a este tipo de luzes, salienta-se os 7,5% associados às lâmpadas de 200 W, uma vez que, apesar da pequena quantidade existente (16 unidades instaladas no anfiteatro), têm uma percentagem relativamente significativa, com uma potência de 3,2 kW.

Considerando a reduzida potência dos LEDs, verifica-se que apesar de representarem uma fração muito significativa do número de pontos de iluminação (9% do total) correspondem a menos de 1% da potência instalada, ao contrário das lâmpadas incandescentes (0,8% dos pontos de luz mas 1,5% da potência instalada). Isto demonstra que este género de lâmpadas é o mais indicado uma vez que consegue satisfazer as necessidades de iluminação com um consumo energético inferior.

Relativamente às restantes lâmpadas, a maior parte tem valores insignificantes de potência quando comparados com a totalidade de watts instalados, com exceção das CFL e PLC, cujas percentagens não traduzem ao certo a quantidade existente (por terem uma potência por lâmpada relativamente baixa), tal como é o caso das anteriormente referidas lâmpadas LED.

Tabela 16 - Potência e respetivos consumos relativos aos tipos de luzes

Tipo	Potência [W]	Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
FL T8	29 088	95,0	2098,8
FL T5	15	3,56	81,5
FL	609	0,15	3,5
Halogéneo 50 W	5400	13,18	295,8
Halogéneo 200 W	3200	1,36	21,1
Halogéneo rest.	535	0,05	1,2
LED	334	3,53	88,4

CFL	604	5,08	124
PL	351	1,44	32,6
PLC	1794	17,43	384,9
Incandescente	649	0,11	2,4
Total	42 579	140,86	3134

No que toca aos consumos, o mais elevado está associado às luzes fluorescentes T8 de 36 W, cujos valores assumem 95 kWh num período diário e 2,1 MWh num período mensal, o que corresponde a 68% do total consumido pela iluminação. Em relação às restantes, as luzes de halógeno e PLC são as únicas que apresentam consumos significativos. As LED, quando comparadas com as PLC e halógeno, apresentam valores bastante inferiores em ambos os períodos, apesar da diferença de quantidades não ser muito grande.

A Figura 39 seguinte mostra as percentagens associadas à potência de cada tipo de lâmpada.

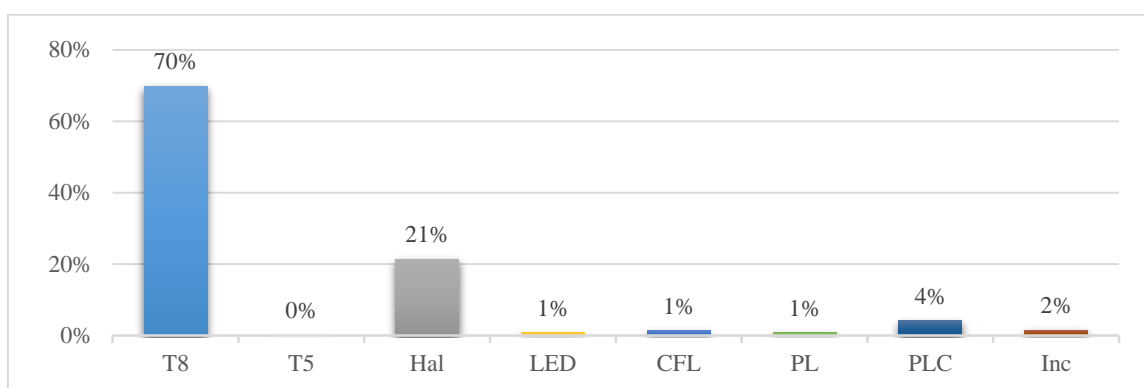


Figura 39 - Desagregação da potência instalada por tipo de lâmpada

Para a parte do consumo diário é igualmente exibida a Figura 40 seguinte com as respetivas percentagens.

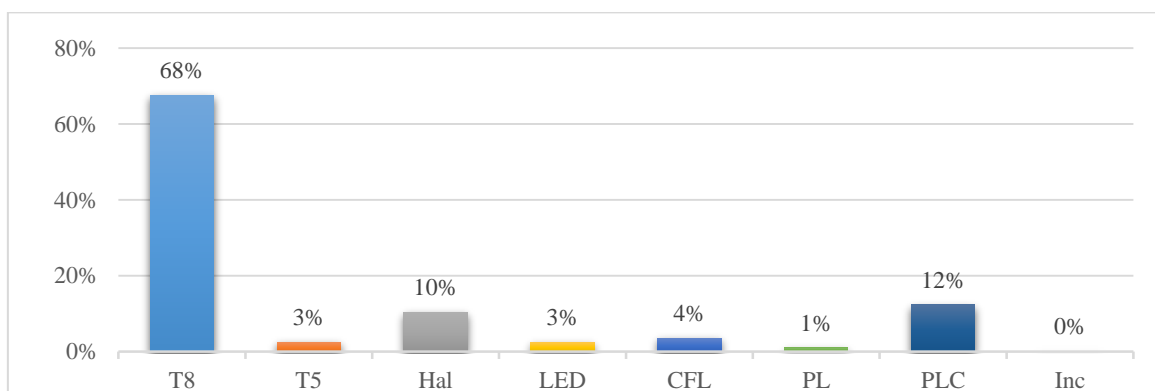


Figura 40 - Desagregação do consumo diário por tipo de lâmpada

4.1.2.7. Elevadores

Relativamente à vertente dos elevadores, a potência combinada tem um valor relativamente significativo, cerca de 30 kW. No caso dos dois elevadores centrais, a potência nominal de cada ronda os 7 kW, mas tendo em conta a sua velocidade, previamente descrita no capítulo 2.7

como sendo de 2 m/s, ou cerca de 750 rpm, essa potência toma o valor de 4,03 kW. Os restantes mecanismos têm velocidades invariáveis pelo que a sua potência é constante e igual a 11 kW.

Tabela 17 - Potência e respetivos consumos relativos aos elevadores

Localização	Potência [kW]	Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
Centrais	8	36,1	818
Cozinha piso 0	11	0,23	5,5
Biblioteca	11	0,23	5,5
Total	30	36,6	829

Na vertente dos elevadores, mais propriamente dos secundários, os consumos são iguais para ambos, apesar de terem utilizações e tempos de deslocação diferentes. Considerou-se que no caso da biblioteca o tempo de deslocação é 5 segundos e no caso da cozinha o tempo é de 3 segundos. Os valores destes dois mecanismos são bastante inferiores aos valores dos elevadores centrais, tendo em conta que estão destinados apenas para uso dos funcionários. Em termos de tempo de deslocação dos elevadores centrais considerou-se uma percentagem de utilização para cada distância entre pisos. Isto é, considerou-se 75% das utilizações para distâncias de 2, 3 ou 4 pisos (25% para cada) e o restante para as outras distâncias (5% para distâncias de 6 pisos, 12% para distâncias de 5 pisos e 8% para distâncias de 1 piso).

A Figura 41 seguinte mostra as percentagens associadas às potências dos elevadores.

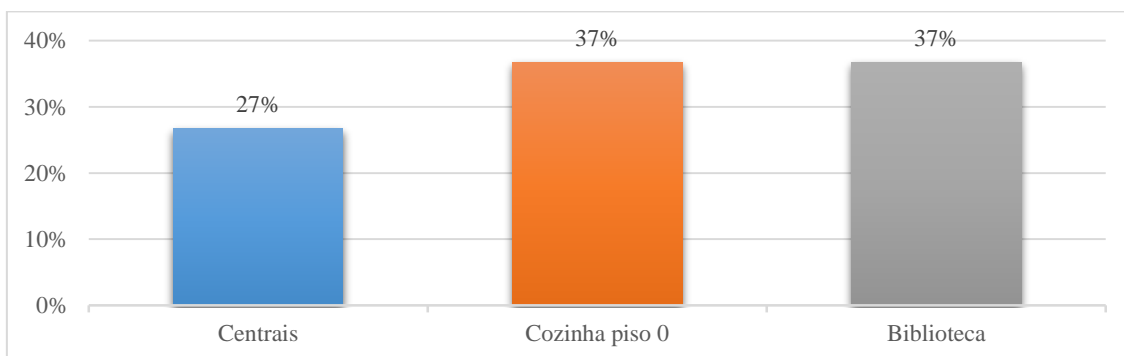


Figura 41 - Desagregação da potência instalada no setor dos elevadores

Para a parte do consumo diário é igualmente exibida a Figura 42 seguinte com as respetivas percentagens.

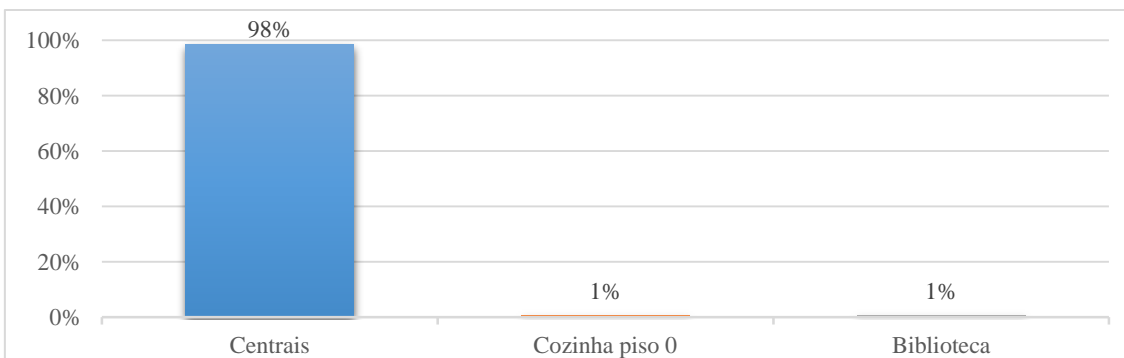


Figura 42 - Desagregação do consumo diário no setor dos elevadores

4.1.2.8. AVAC

No que toca a este ponto os principais equipamentos a referir são os sistemas de produção de energia térmica, *chiller* e caldeira, referidos no capítulo 2.4.1. São estes os responsáveis pelo acondicionamento do ar, ou seja, aquecimento ou arrefecimento dos espaços integrantes do ICS. Relativamente aos dados de cada um desses mecanismos, a recolha foi bastante simples uma vez que essa informação está descrita nas chapas informativas que estão incutidas nos próprios aparelhos. Tal como foi apresentado no capítulo 4.1.1.8, a potência nominal do sistema de arrefecimento é 81 kW, enquanto no sistema de aquecimento a potência é 206 kW.

Para se determinar as potências dos restantes mecanismos integrantes do sistema AVAC foi necessário contactar a empresa responsável pela manutenção do mesmo uma vez que os dados relativos a essas potências não se encontravam descritos, quer nos equipamentos, quer no projeto de AVAC. Essa informação foi então disponibilizada pela ClimaSerra, e descrita, não em valores potenciométricos, mas sim em valores de correntes trifásicas e tensão, apresentados na seguinte Tabela 18.

Tabela 18 - Valores relativos às correntes trifásicas dos equipamentos de AVAC

Equipamento	Correntes trifásicas [A]			Tensão [V]
	L1	L2	L3	
VE/E 6.1	0,85	0,94	0,94	220
VE/E 6.2	2,3	1,94	2,3	
VE/E 6.3	0,58	0,57	-	
UTA/E 6.1	1,68	1,64	1,57	
UAP/E 6.1	10,59	10,21	7,64	
UE/E 6.1	1,72	1,71	1,68	
UE/E 6.2	5,77	5,66	5,8	

Uma vez feita a recolha dos valores é necessário efetuar o cálculo para se determinar as potências dos equipamentos. Este cálculo é realizado através da equação 1.

$$Potência = \sqrt{3} * (L1 + L2 + L3) * Tensão \quad [1]$$

Com base na equação 1 procedeu-se à obtenção das potências dos vários mecanismos, apresentadas na Tabela 19 que se segue.

Tabela 19 - Potência dos equipamentos das unidades de ar do sistema de AVAC

Equipamento	Potência [W]
VE 6.1	1040
VE 6.2	2492
VE 6.3	438
UTA 6.1	1863
UAP 6.1	10 837
UE 6.1	1947
UE 6.2	6566
Ventiladores 2º piso	1150
Total	26 334

Na Tabela 19 é igualmente apresentado um tipo de equipamento, e respetiva potência, que não está presente na Tabela 18 anterior, uma vez que a potência estava discriminada nos próprios aparelhos. Os equipamentos em questão são os condensadores (ventiladores) que estão ligados aos ares-condicionados do piso 2. Tal como já foi referido, apenas um desses ares-condicionados se encontra em funcionamento, o que faz com que, no caso dos condensadores, esteja igualmente apenas um a funcionar.

A Figura 43 seguinte mostra as percentagens associadas às potências de cada equipamento.

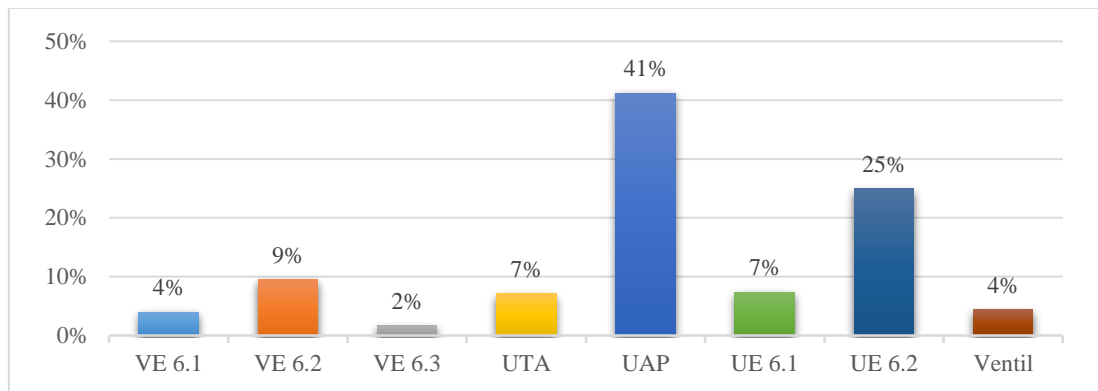


Figura 43 - Desagregação da potência instalada por equipamento no setor de AVAC

Tendo em conta que os consumos, diário e mensal, relativos ao sistema de AVAC já foram descritos no capítulo 4.1.1.8, não existe necessidade de voltar a apresentar os mesmos. A única diferença entre os consumos do piso 6 e do sistema AVAC é a presença dos elevadores e iluminação. Contudo, decidiu-se apresentar a Figura 44 com o gráfico da desagregação do consumo diário por equipamento.

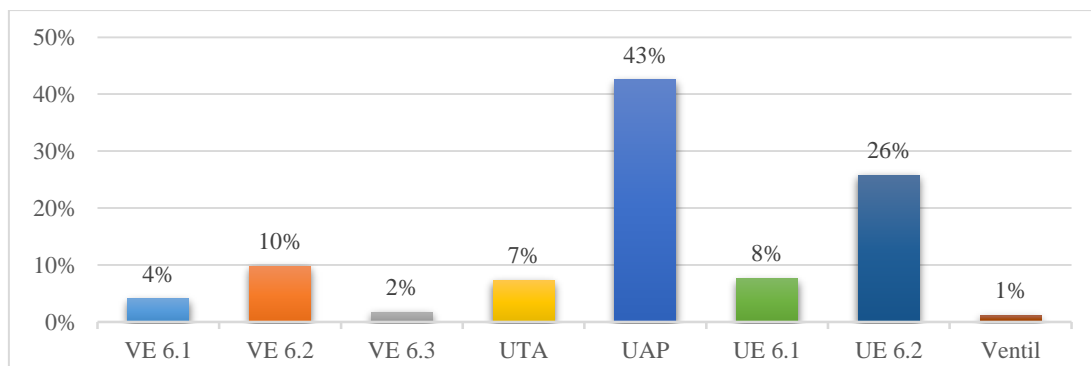


Figura 44 - Desagregação do consumo diário por equipamento no setor de AVAC

Em termos mensais o consumo elétrico do sistema de AVAC representa cerca de 12,2 MWh, considerando que ambos os sistemas de produção de energia térmica estão a funcionar e que, consequentemente, as bombas associadas a cada sistema estão igualmente em funcionamento. Sendo assim, este valor mensal não corresponde ao valor real. Para cada um dos períodos, Verão e Inverno, é necessário contabilizar apenas um dos sistemas, e respetivas bombas de circulação. Por essa razão é apresentada a Tabela 20 a seguir, referente aos consumos mensais totais para cada um dos períodos.

Tabela 20 - Consumo mensal para período de Verão e de Inverno

Consumo mensal total [kWh]	Verão (<i>Chiller</i>)	Inverno (<i>Caldeira</i>)
	11 370	6564

Como é possível observar, a diferença entre ambos os valores é bastante elevada. Isto deve-se principalmente ao fato do *chiller* não se encontrar em funcionamento, o que contribui para uma enorme redução no valor global. Em contrapartida, no período de Inverno existe um avultado consumo de gás natural – que será discutido num capítulo mais à frente – que no período de Verão não se verifica.

4.1.2.9. AQS

Como foi anteriormente mencionado, as necessidades em termos de Águas Quentes Sanitárias são unicamente supridas por um conjunto de termoacumuladores que se encontram dispersos pelo edifício, mais precisamente nos locais referidos na Tabela 21. Como se pode observar através da mesma, a potência combinada dos três equipamentos resulta num valor de 5,5 kW, com destaque para o instalado no piso -1, cuja potência é a mais elevada.

Tabela 21 - Potência e respetivos consumos relativos às AQS

Localização	Potência [kW]	Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
WC homens piso -1	2,5	12,5	275
Cozinha piso 0	1,5	3,4	81
Cozinha piso 5	1,5	3,8	83
Total	5,5	19,7	439

Em termos de consumo, o valor diário ronda os 20 kWh e a nível mensal chega quase aos 440 kWh. O aparelho com maior consumo é o do piso -1 uma vez que a potência é superior às dos restantes e existe a possibilidade dos funcionários poderem tomar banho nos WC's deste piso.

A Figura 45 seguinte mostra as percentagens associadas às potências de cada termoacumulador.

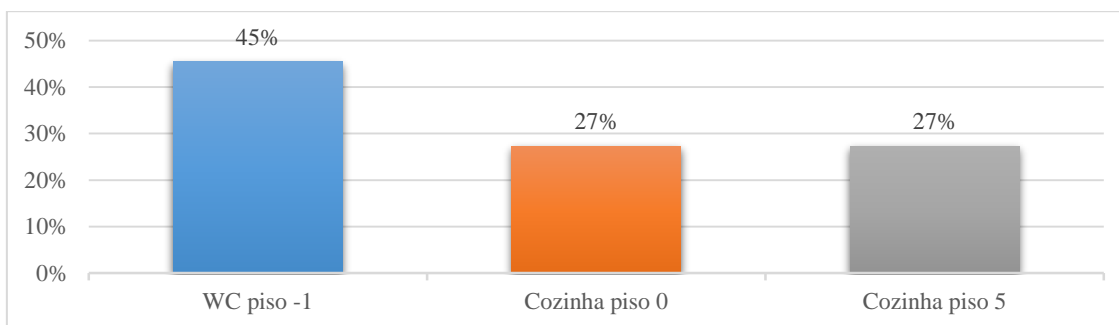


Figura 45 - Percentagens associadas à potência de cada equipamento

A nível de consumo diário é igualmente apresentada a Figura 46 com as percentagens associadas a cada termoacumulador.

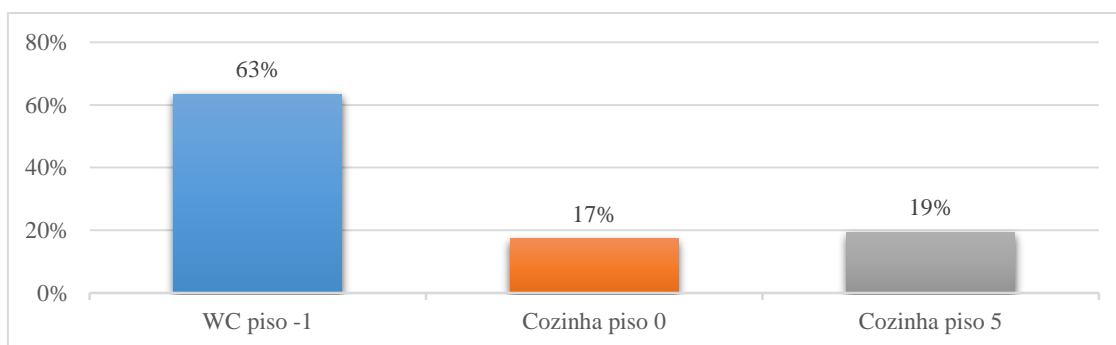


Figura 46 - Percentagens associadas ao consumo diário de cada equipamento

4.1.2.10. Desagregação de potências e consumos

A partir das tabelas apresentadas para cada setor e tendo em conta os valores descritos em cada uma delas, é possível efetuar a desagregação de cargas de forma a melhor se conseguir comparar as diferenças entre cada um.

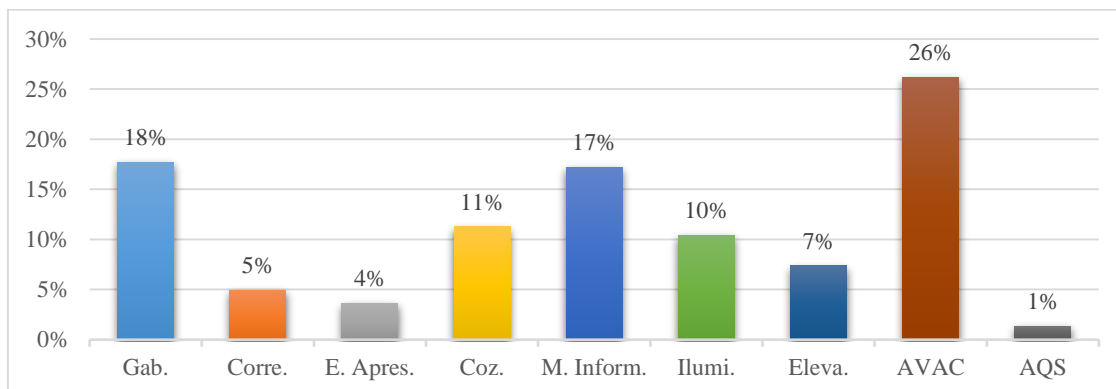


Figura 47 - Desagregação de potências por setor

Apesar da potência do *chiller* não estar descrita na tabela de AVAC inclui-se também esse valor na percentagem referente a esse setor, daí ser o setor com maior potência instalada.

Relativamente à vertente do consumo, a Figura 48 seguinte mostra a desagregação do consumo diário por tipo de setor. Neste caso verifica-se uma enorme discrepância entre alguns setores, nomeadamente, o AVAC e os Espaços de Apresentação, ou até mesmo a Iluminação e as AQS, entre outros.

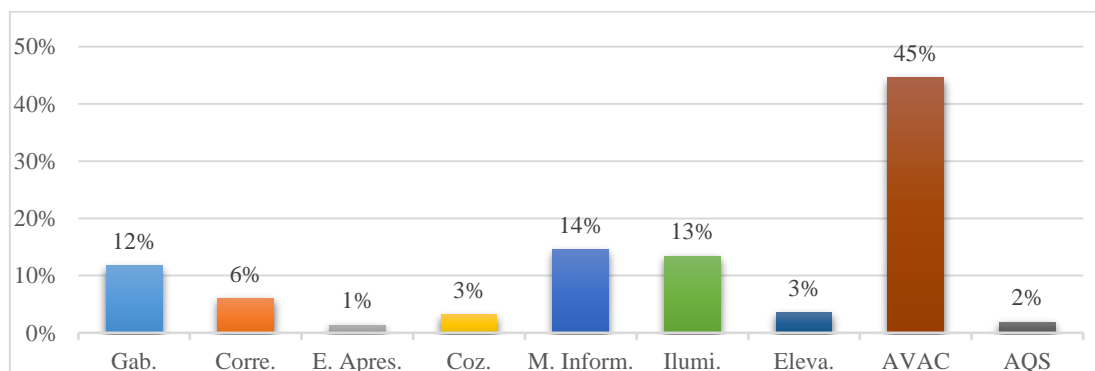


Figura 48 - Desagregação de consumos por setor

4.1.3. Total

Para se ter uma noção da potência que é efetivamente utilizada no edifício é apresentado um gráfico de barras com a potência instalada e a potência utilizada em cada um dos pisos. Será de esperar algumas diferenças acentuadas na transição da potência instalada para a realmente utilizada, tendo em conta que existem vários equipamentos inutilizáveis e que na maior parte dos pisos a iluminação sofre uma redução de 40%, como foi já referido.

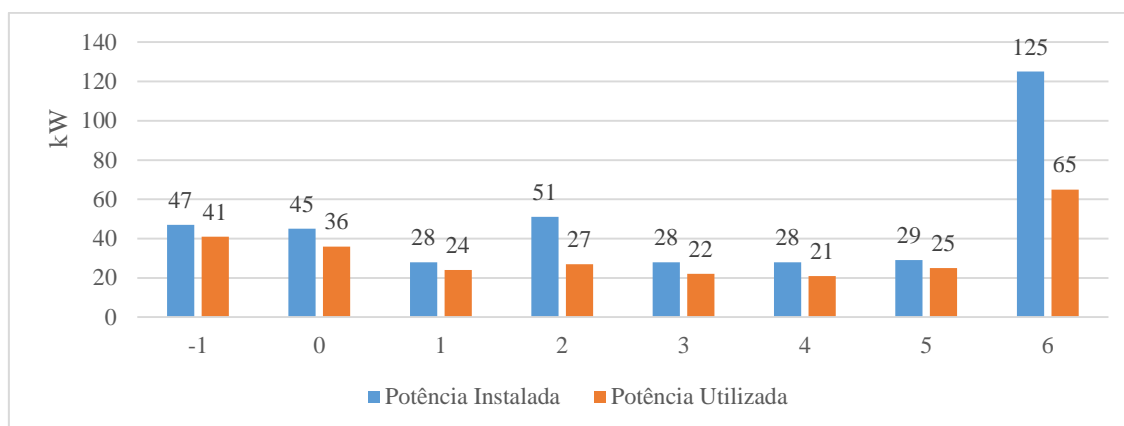


Figura 49 - Potências instalada e utilizada no edifício.

Tal como foi referido no subcapítulo anterior 4.8, e é agora possível observar na figura, o piso 6 é o piso com maior carga instalada, o que, *a priori*, seria exetável tendo em conta que é onde se encontram a maior parte dos equipamentos ligados à vertente técnica do edifício. Em termos numéricos, o piso em questão tem uma percentagem associada de 33%, ou seja, um terço de toda a carga instalada no edifício.

Com a introdução do uso de apenas 60% da iluminação o resultado do somatório das cargas dos pisos -1 a 5 sofreu uma alteração considerável. Inicialmente este valor rondava os 256 kW e com esta consideração passou a somar 196 kW. Por consequência o consumo associado terá igualmente uma quebra acentuada visto que a iluminação é uma fração que opera durante longos períodos. O objetivo é ir ao encontro do cenário mais realista possível, uma vez que, como já foi explicado, existem inúmeras luminárias que permanecem constantemente desligadas, ou que, simplesmente, não possuem lâmpadas sequer.

Na figura apresentada é possível verificar que a maior redução surge no piso 6, com uma diferença a rondar 50% do valor inicial. Tal redução deve-se à potência a que realmente opera o *chiller*, tendo sido estimado que se encontra a cerca de 25% da potência nominal, ou seja, cerca de 20 kW.

Tal como foi referido anteriormente, foi utilizado um analisador de redes para medir os dados elétricos do edifício. Para se obter os valores para o edifício inteiro foi necessário recorrer ao Quadro-Geral presente no pequeno jardim do ICS. Após a fase de medição o ficheiro é gravado em Excel e posteriormente é possível observar todos os dados elétricos do edifício. A medição das características energéticas por parte do analisador de redes foi efetuada de quarta-feira, dia 25 de Maio, a quarta-feira, dia 10 de Junho de 2015.

Desta forma é apresentado de seguida a Figura 50 com o gráfico relativo ao perfil da potência instantânea no decorrer do período em questão.

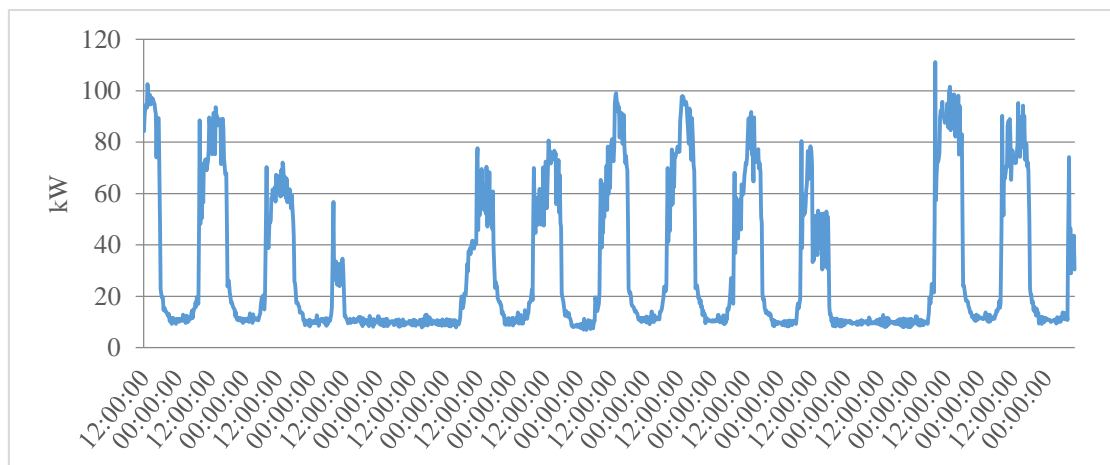


Figura 50 - Potência instantânea registada pelo analisador

A Figura 50 apresentada refere-se aos valores de potência instantânea registados pelo analisador ao longo do período de medição. Em termos de picos de potência registaram-se valores idênticos aos do piso 6, o que significa que neste gráfico os picos devem-se igualmente ao funcionamento de equipamentos integrantes do sistema AVAC.

Para o período noturno observam-se valores com pequenos desvios e um registo aproximadamente constante, rondando os 10 kW. Esta pode ser considerada como a potência base do edifício, visto ser a carga média que se encontra em funcionamento nos períodos de Vazio e Super Vazio, ou seja, quando a maior parte dos equipamentos e iluminação estão desligados.

É possível verificar igualmente que existem grandes variações nos vários dias da semana, com diferenças acentuadas mesmo em dias da mesma ordem de escala. Isto é, por exemplo, contrariamente à segunda-feira, dia 8 de Junho, em que se regista um dia com elevados valores de potência, e consequentemente elevados consumos (917 kWh para o período laboral habitual), a segunda-feira, dia 1 de Junho, tem um registo bastante mais fraco, em que não só o pico matinal é muito inferior (111 kW para 33 kW, ambos às 8 horas da manhã) mas também os restantes ao longo do dia, o que fará com que o consumo seja drasticamente inferior também (551 kWh para o mesmo período).

Efetuada a análise às potências, passa-se agora ao consumo a nível global do edifício. Para este caso, e tendo em consideração o período de Verão/utilização do *chiller*, é apresentada a Figura 51 a seguir.

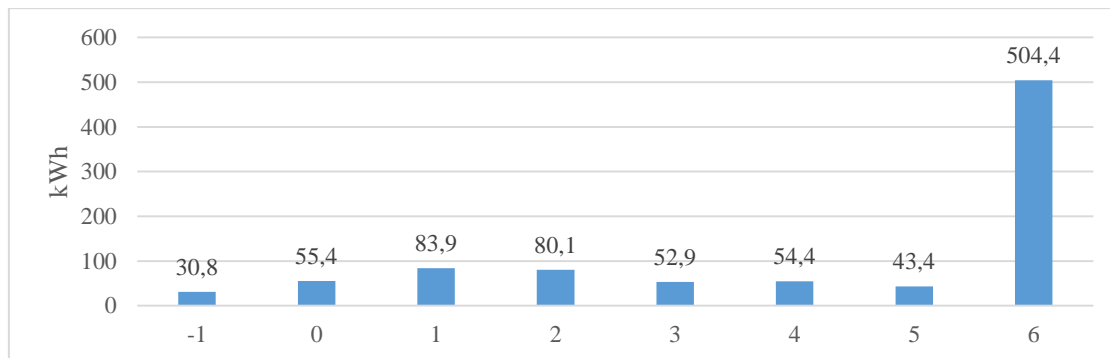


Figura 51 - Consumo estimado por piso

O consumo total diário é 910 kWh. Aparte do piso técnico, os pisos 1 e 2 são os que se destacam em termos de procura diária, uma vez que têm espaços específicos com elevados

consumos. A nível mensal ronda os 21,5 MWh. Na Tabela 22 são mostrados os resultados referentes a estes dados.

Tabela 22 - Consumos diário e mensal para o edifício inteiro

	Consumo diário [kWh]	Consumo mensal [kWh]
-1	35,8	897
0	55,8	1374
1	83,9	1912
2	80,1	1898
3	52,9	1180
4	54,4	1213
5	43,4	968
6	504,4	12 192
Total	910,8	21 633

Salienta-se o facto de que o consumo diário se refere a um dia útil típico deste período. Para o caso de Inverno/utilização da caldeira o consumo assume valores inferiores em termos elétricos. A nível mensal o total rondará os 16,7 MWh, em vez dos 21,6 MWh descritos acima.

Em relação ao consumo por setor de intervenção, é apresentado de seguida a Figura 52 com o gráfico da distribuição do consumo por cada um dos setores.

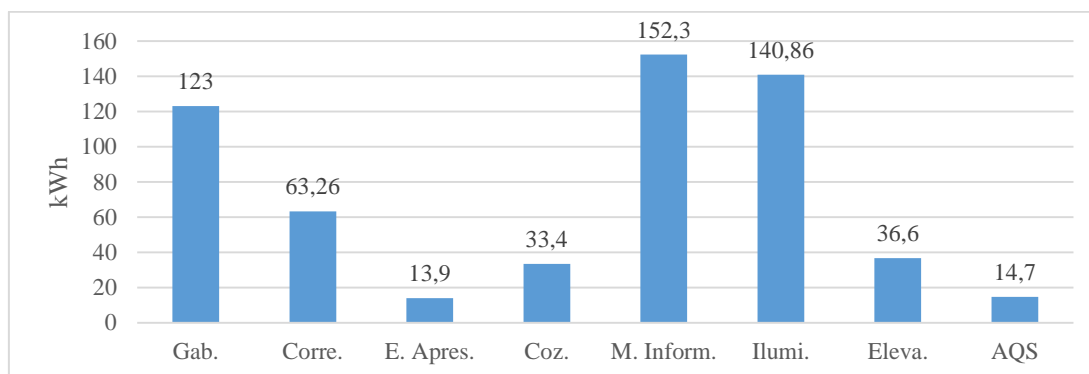


Figura 52 - Consumo estimado por setor

A vertente de AVAC não é apresentada devido à enorme discrepância de valores. Desta forma é possível avaliar melhor as diferenças entre os restantes setores. O fato de existir um enorme número de gabinetes origina consequentemente quantidades avultadas de material informático e luminárias, o que explica de certa forma as diferenças entre estes setores e os restantes.

Tal como no caso do piso 6, após a análise do gráfico da potência instantânea do ICS é imperativo avaliar e discutir o perfil do consumo diário de todo o edifício ao longo de cada dia do período de medição. Por essa razão é apresentado a Figura 53 relativa aos dados do consumo registados pelo analisador de redes.

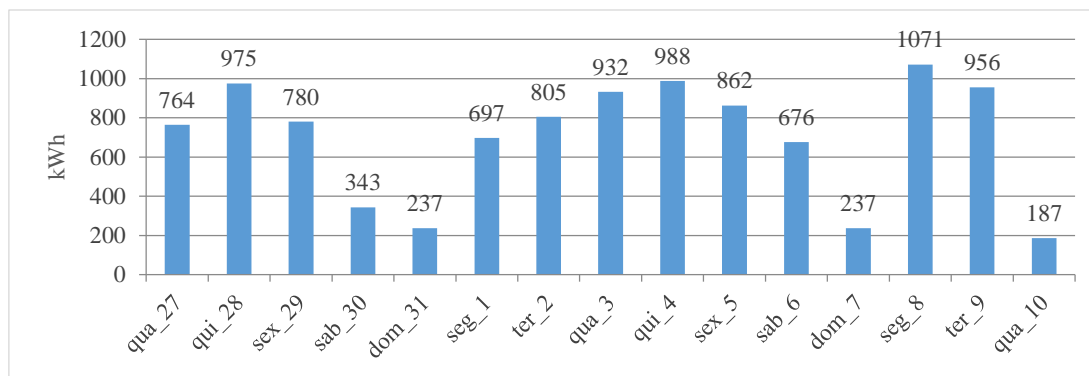


Figura 53 - Consumo diário registado pelo analisador

Com base neste gráfico é possível verificar que o dia em que se registou o maior valor de consumo foi na segunda-feira dia 8 de Junho, com o total diário a contabilizar mais de 1 MWh. Nos dias de quarta-feira 27 de Maio e 10 de Junho, isto é, os dias de início e fim de medição, registaram-se valores significativamente inferiores, principalmente na quarta dia 10, quando comparados com os restantes dias. Esta diferença é justificada pelas horas de medição, que ocorreram até às 10h da manhã desse dia, o que origina uma quebra na medição do consumo diário. Desta forma, os valores apresentados para os dias úteis rondam a média de 942 kWh. Em relação aos fins de semana, no caso de domingo o consumo mantém um registo constante, mais precisamente, 237 kWh, enquanto aos sábados os valores são inconstantes, muito principalmente devido à existência de eventos (do género de conferências, palestras ou seminários) e por isso verifica-se uma diferença notória nos resultados de sábado dia 30 relativamente a sábado dia 6. Numericamente falando, o consumo de dia 30 representa quase metade do valor do dia 6, isto é, 343 kWh para 676 kWh. Por esta razão efetuou-se a média dos dois dias, 500 kWh aproximadamente, e considerou-se esse o valor de referência para um sábado arbitrário no período de Verão. O conjunto dos valores destes sete dias perfaz o consumo de uma semana típica deste período.

Em termos de consumo agregado o valor após os quinze dias de medição alcançou os 10,51 MWh.

4.2. Gás Natural

O gás natural é utilizado para aquecimento do ICS através da queima na caldeira. Como já foi referido no capítulo 2.4.1, o período de funcionamento da caldeira efetua-se de meados de Outubro até Março, o que corresponde consequentemente ao período de utilização de gás natural.

Para esta vertente energética não existiu nenhum processo de análise/medição da energia consumida, o que torna a estimativa dos consumos um pouco mais difícil. Desta forma foi necessário recorrer às faturas mensais, que serão apresentadas no capítulo a seguir, para se perceber qual o gasto médio mensal.

A aproximação considerada para os consumos mensais de gás é apresentada na Figura 54 seguinte.

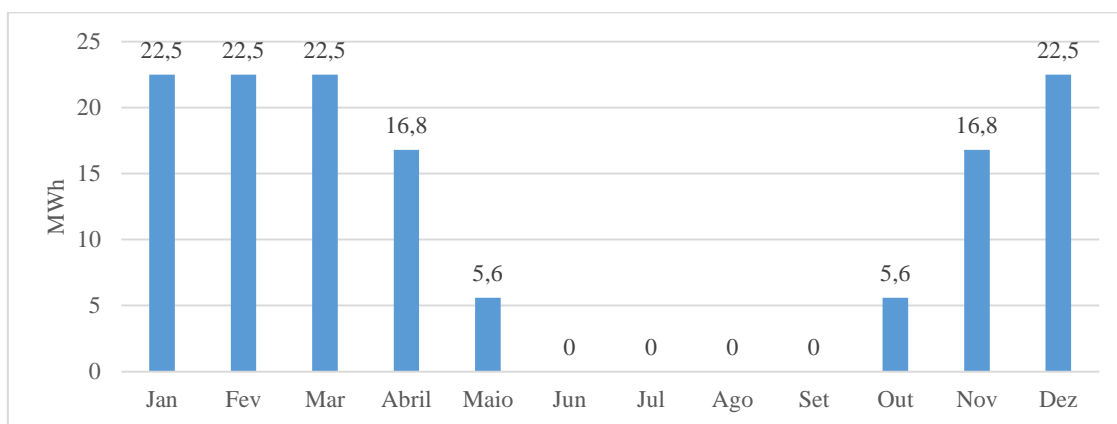


Figura 54 - Estimativas de consumo de GN do edifício

O consumo anual total ronda os 135 MWh.

Para os principais meses de utilização de gás natural considerou-se um consumo médio de 22,5 MWh, tendo em conta os gastos analisados nas faturas.

Em meses como Abril ou Novembro considerou-se 75% do consumo médio uma vez que a utilização é um pouco inferior para estes meses. No caso de Novembro, em que a fatura engloba períodos referentes ainda ao mês de Outubro, deve-se ao fato de no mês anterior existirem períodos em que a caldeira não é usada. Tal também se verifica no caso de Abril, com a exceção de que é no próprio mês que se usa menos a caldeira, e não no mês anterior.

Para os meses de Maio e Outubro considerou-se 25% do consumo médio porque são períodos com pouca utilização da caldeira.

Capítulo 5 – Faturas e validação dos consumos

5.1. Energia Elétrica

5.1.1. Energia Ativa

O objetivo do presente capítulo é verificar se as considerações efetuadas e as estimativas do comportamento energético dos compartimentos e espaços do edifício são válidos. Para se validar o consumo elétrico é necessário recorrer às faturas de eletricidade e comparar os valores mensais faturados com as estimativas obtidas. Assim sendo, apresenta-se de seguida a Tabela 23 com os valores mensais referentes aos anos de 2013 e 2014.

Tabela 23 - Faturais mensais de energia elétrica referentes aos anos de 2013 e 2014

Meses	2013		2014	
	Consumo [MWh]	Custo	Consumo [MWh]	Custo [€]
Janeiro	15,95	€ 2 469,29	14,21	€ 2 283,81
Fevereiro	18,29	€ 2 874,09	18,76	€ 1 506,83
Março	16,34	€ 2 580,88	15,75	€ 2 324,85
Abril	17,20	€ 2 772,90	17,15	€ 2 594,92
Maio	15,00	€ 2 503,77	14,35	€ 2 278,62
Junho	16,86	€ 2 771,33	17,83	€ 2 750,67
Julho	22,78	€ 3 708,13	20,37	€ 3 124,67
Agosto	22,11	€ 3 634,79	20,86	€ 3 206,66
Setembro	21,96	€ 3 691,24	20,00	€ 3 126,60
Outubro	19,82	€ 3 325,47	21,23	€ 3 227,21
Novembro	16,25	€ 2 590,44	20,98	€ 3 077,87
Dezembro	17,85	€ 2 784,86	17,15	€ 2 500,20
Total	220,4	€ 35 707,19	218,6	€ 32 002,91

Observando os dados da Tabela 23 é possível concluir que o consumo anual do ICS registou uma ligeira redução mas que mesmo assim ainda se encontra perto dos 220 MWh. Este pequeno decréscimo de 1,8 MWh significou uma redução de, aproximadamente, €100 na fatura energética anual, um valor pouco relevante tendo em conta a dimensão da fatura. O mês de Fevereiro de 2014 apresenta um custo na fatura mensal inferior uma vez que apenas englobou 17 dias. Para o consumo do mesmo mês fez-se uma estimativa, ou seja, calculou-se o consumo médio dos dias faturados (27 de Janeiro a 12 de Fevereiro), multiplicado pelos dias em falta, e acrescentou-se ao valor faturado.

De seguida foi efetuada a média dos valores relativos a cada período de funcionamento, ou seja, o período em que o *chiller* está a funcionar e o período em que a caldeira está a funcionar. Como foi referido no início do documento, o *chiller* funciona nos meses de Maio a meados de Outubro enquanto a caldeira opera desde Outubro a Março, ou seja, 5 meses e meio cada, considerando que no mês de Outubro os sistemas trabalham metade cada um. Assim sendo, efetuou-se a média dos meses referentes a cada período. Os valores são apresentados na Figura 55.

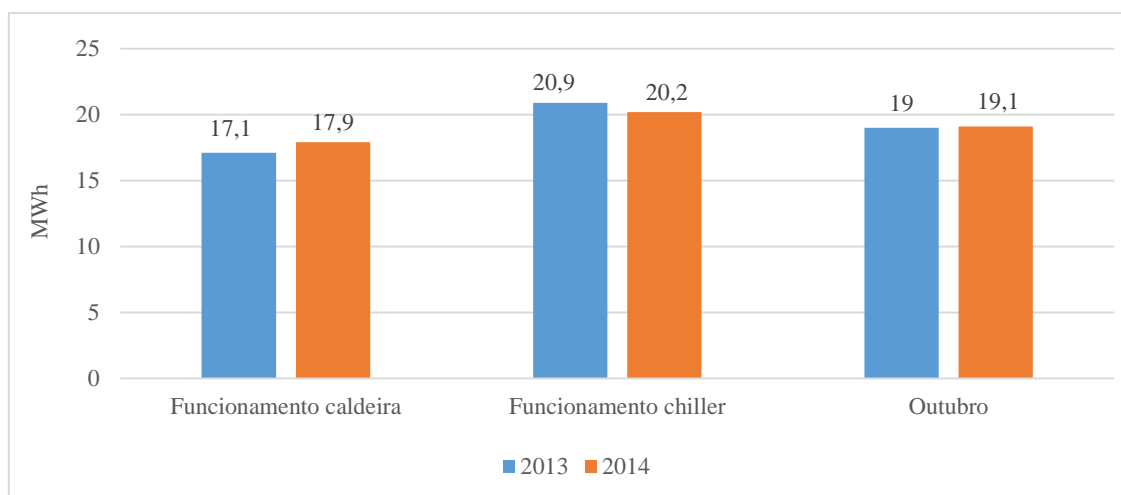


Figura 55 - Consumos mensais médios para cada período e ano

Teoricamente, no mês de Abril não operam nenhum dos sistemas. No entanto, a informação recolhida é que nos últimos anos, incluindo 2013 e 2014, foi necessário alargar o período de funcionamento da caldeira devido às baixas temperaturas ambiente. Por essa razão é apresentado na Figura 55 um consumo igual aos restantes meses do período de Inverno.

Terminada esta etapa do consumo faturado é agora necessário apresentar os valores das estimativas dos consumos referentes aos mesmos períodos mencionados, ou seja, os períodos de utilização do *chiller* e da caldeira, com o objetivo de fazer uma comparação com os dados da Figura 55 acima. Dito isto as estimativas podem ser observadas na Figura 56 seguinte.

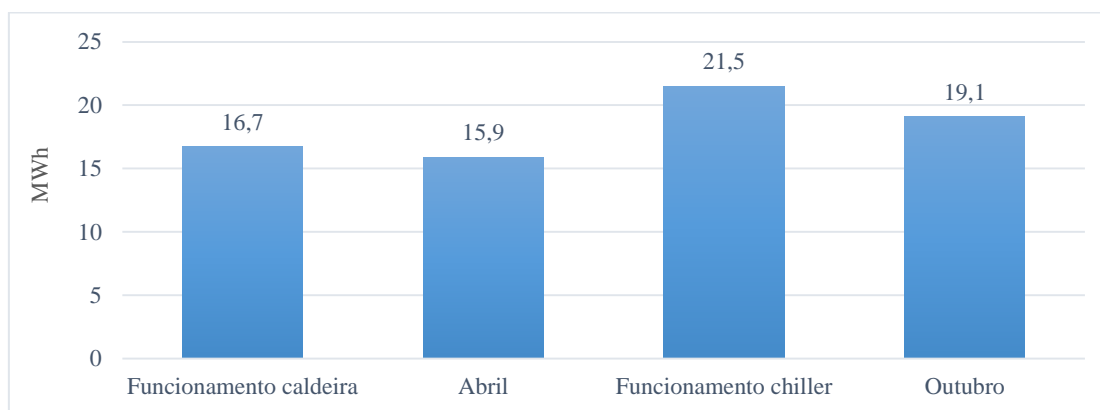


Figura 56 - Estimativas mensais do consumo de energia elétrica

Os meses constituintes de cada um dos períodos têm o mesmo registo mensal, com exceção dos meses de Abril - em que, supostamente, não existe produção de energia térmica - e Outubro - para este caso considerou-se uma média entre 21,5 MWh e 16,7 MWh, uma vez que ambos os sistemas de produção de energia térmica operam neste mês, na primeira quinzena opera o *chiller* e na segunda quinzena opera a caldeira.

Comparando os consumos verifica-se que em ambos os casos a aproximação é bastante positiva, existindo pouca discrepância em relação aos outros valores. Para o período do *chiller* a estimativa é um pouco elevada e por isso existe uma diferença irrelevantemente superior em relação ao faturado, quando comparado com o período da caldeira. Contudo a diferença não é significativa e por isso é possível concluir que ambos os valores estimados estão de acordo com as medições reais, o que os torna aceitáveis.

Por último, são apresentados os valores em termos anuais, para ser igualmente feita a comparação entre as estimativas e os resultados reais.

Tabela 24 - Consumo anual estimado e faturado

Consumo anual		
Estimativa	Faturado	
	2013	2014
222,7	220,4	218,6

Relativamente aos resultados numa escala anual, a estimativa da energia elétrica consumida totaliza 223 MWh. Ao comparar-se este valor com os registados nos anos de 2013 e 2014, é observável que a diferença é pequena, em relação a 2013 houve um aumento superior a 2 MWh, o que corresponde a +1,04%, e no caso de 2014 o aumento rondou os 5 MWh, o que corresponde a +1,88%. Tendo em conta que o período é anual, a diferença obtida não representa um erro importante, pelo que se pode considerar aceitável.

5.1.2. Desagregação dos consumos por período tarifário

Ultrapassadas as fases de comparação entre as estimativas e os consumos faturados, passa-se agora à apresentação dos dados, e consequente gráfico, referentes à desagregação do consumo faturado por período tarifário – Ponta, Cheia, Vazio Normal e Super Vazio. Em primeiro lugar é necessário esclarecer o horário de funcionamento de cada período tarifário e para o estudo em questão teve-se em consideração as normas definidas pela ERSE, para o caso específico de média tensão (MT), tal como é apresentado na Figura 57.

Ciclo semanal opcional para MAT, AT e MT em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	17.00/22.00 h	Ponta:	14.00/17.00 h
Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/17.00 h 22.00/24.00 h	Cheias:	00.00/00.30 h 07.30/14.00 h 17.00/24.00 h
Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h	Vazio normal:	00.30/02.00 h 06.00/07.30 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	10.30/12.30 h 17.30/22.30 h	Cheias:	10.00/13.30 h 19.30/23.00 h
Vazio normal:	00.00/03.00 h 07.00/10.30 h 12.30/17.30 h 22.30/24.00 h	Vazio normal:	00.00/03.30 h 07.30/10.00 h 13.30/19.30 h 23.00/24.00 h
Super vazio:	03.00/07.00 h	Super vazio:	03.30/07.30 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/04.00 h 08.00/24.00 h
Super vazio:	04.00/08.00 h	Super vazio:	04.00/08.00 h

Figura 57 - Descrição das horas relativas a cada período tarifário

Tendo em conta os consumos por período tarifário registados nas faturas mensais e os horários definidos para cada fração, efetuaram-se as médias dos valores mensais para cada um dos períodos com o objetivo de avaliar a penetração no global consumido. Seguindo este raciocínio elaborou-se a Figura 58 com as percentagens associadas finais.

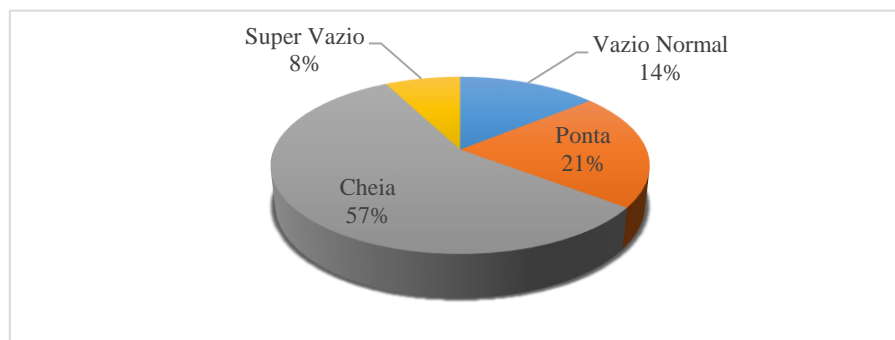


Figura 58 - Desagregação do consumo por período tarifário

Como se pode observar através do gráfico, mais de metade da energia produzida mensalmente corresponde ao período de Cheia, com uma média a rondar os 10 MWh. Como seria de esperar, este foi o período em que se registou a maior percentagem de consumo, visto abranger a maioria das principais horas de funcionamento do edifício. Quer isto dizer que, na soma dos períodos das 7.30h até às 14h e das 17h até às 00.30h são contabilizadas exatamente 14h, ou seja, quase 60% do período total diário. Em segundo vem o período de Ponta que contabiliza 3,8 MWh, cerca de 21% do total, e inclui cerca de 3 horas das principais de funcionamento. Por último, os períodos de Vazio Normal e Super Vazio contabilizam 2,5 MWh, 14% do total, e 1,4 MWh, 8% do total, respetivamente, para um período mensal.

5.1.3. Energia Reativa

É igualmente importante referir os dados relativos à energia reativa consumida nos períodos de 2013 e 2014. A Tabela 25 seguinte contém os valores mensais apresentados nas faturas da EDP (2013) e GALP ENERGIA (2014).

Tabela 25 - Consumo de energia reativa em 2013 e 2014

Mês	2013	2014
Janeiro	448	562
Fevereiro	600	405
Março	655	788
Abril	688	1086
Maio	739	1012
Junho	852	-
Julho	1234	2042
Agosto	1521	2107
Setembro	1647	1996
Outubro	1381	1959
Novembro	334	1890
Dezembro	714	1106
Total	10 814	14 953

O mês de Junho não exhibe valores uma vez que os dados relativos à energia reativa não se encontram descritos na fatura mensal.

Verifica-se um aumento nos meses pertencentes ao período de Verão uma vez que é nesta altura que se registam os maiores consumos de eletricidade, devido principalmente ao funcionamento do *chiller*.

Na Figura 59 são apresentados os consumos e gastos monetários mensais para esses dois anos.

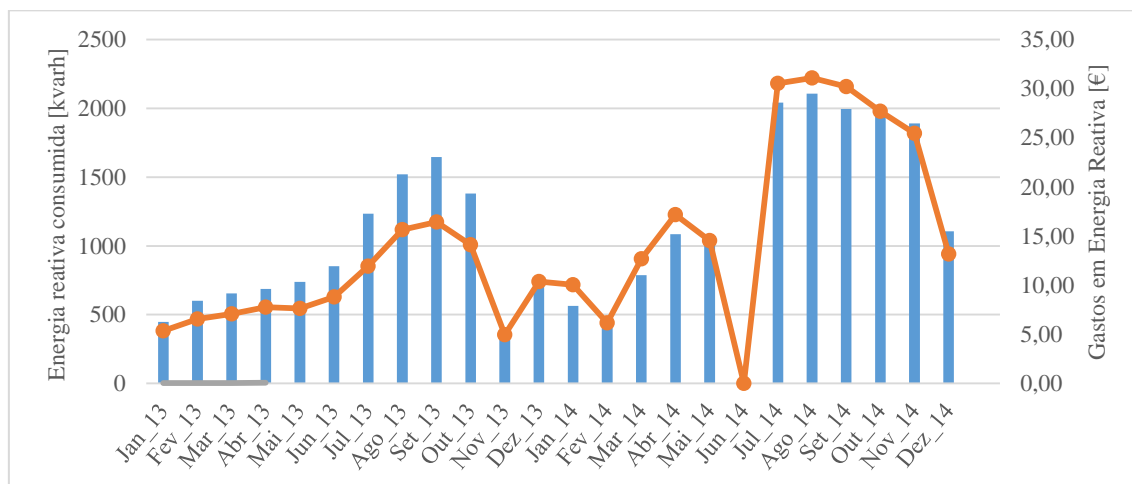


Figura 59 - Consumos e gastos com a energia reativa

No ano de 2013 os gastos em energia reativa atingiram um valor de 116,68 €, o que corresponde a 0,33% do total pago nesse ano (35 707,19 €). No ano de 2014 os gastos em energia reativa atingiram um valor de 218,79 € (se existissem valores para o mês de Junho este resultado rondaria os 240,00 €), o que corresponde a 0,68% do total gasto nesse ano (32 002,91 €).

Por forma a minimizar os gastos com o consumo de energia reativa, está instalada uma bateria de condensadores no piso -1 do ICS.

5.2. Gás Natural

Tal como no subcapítulo anterior o objetivo deste ponto é validar os consumos energéticos, com a diferença de se tratar do consumo de gás natural. Para tal é necessário apresentar as faturas mensais dos anos 2013 e 2014.

Tabela 26 - Faturas mensais referentes ao consumo de GN

Meses	2013		2014	
	kWh	€	kWh	€
Janeiro	30 629	2 626,58	27 879	2 742,74
Fevereiro	27 313	2 352,24	27 313	2 352,24
Março	27 925	2 385,36	18 004	1 903,79
Abril	15 237	1 464,33	15 788	1 708,7
Maio	7665	978,75	4421	862,72
Junho	1594	449,34	123	452,87
Julho	11	403,59	101	532,61
Agosto	0	367,52	0	463,94
Setembro	0	355,27	0	463,94
Outubro	114	413,16	90	535,37

Novembro	10 395	1 151,58	8606	1 191,01
Dezembro	28 743	2 615,50	30 062	2 963,87
Total	149 626	15 563,22	132 387	16 173,80

Como é possível observar, o consumo de gás natural sofreu uma redução na ordem dos 17 MWh no ano 2014 quando comparado com o ano 2013. Em contrapartida registou-se um aumento na despesa anual, derivado principalmente do aumento do preço unitário do kWh (subiu de 0,0616 €/kWh em 2013 para 0,0651 €/kWh) mas também do chamado ‘Termo fixo’ (7,151 €/dia em 2013 para 7,740 €/dia em 2014). Este último parâmetro refere-se ao número de dias incluídos na faturação mensal pelos quais se paga a taxa já descrita. Quer isto dizer que, independentemente de se consumir gás ou não, este parâmetro é sempre cobrado, e normalmente assume valores entre €200 e €250. Um bom exemplo do aumento deste preço são os meses de Agosto e Setembro. Em ambos os anos o consumo faturado foi de 0 kWh, no entanto, comparativamente a 2013, registou-se um aumento de cerca de €100 nas faturas de 2014.

Ao comparar-se o consumo faturado com o estimado, verifica-se um desvio de -9,9% em relação a 2013 e +1,81% em relação a 2014.

Na Figura 60 seguinte é possível verificar melhor as variações mensais do consumo de gás natural.

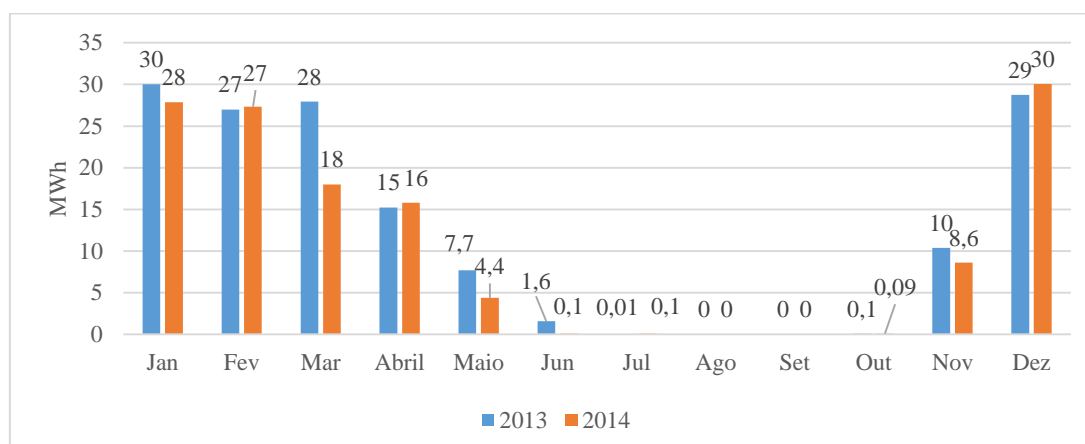


Figura 60 - Variação mensal do consumo faturado de GN para cada ano

De seguida é apresentada a Figura 61 relativa à evolução do consumo mensal de gás natural faturado versus a temperatura média mensal para o mesmo período de tempo.

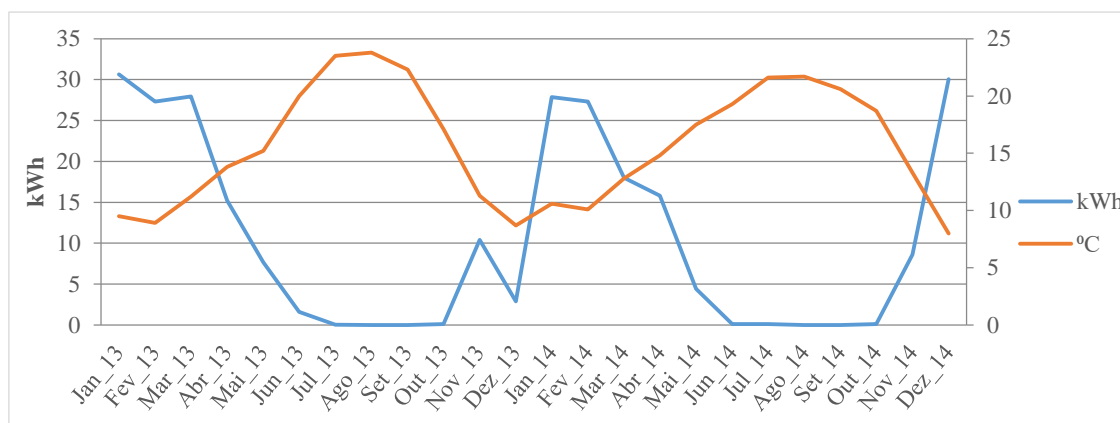


Figura 61 - Evolução do consumo mensal de GN vs Temperatura média mensal

É sabido que a temperatura média ambiente tem tendência a aumentar nos próximos anos. Como é lógico, este aumento da temperatura está associado a uma redução da necessidade de produzir energia térmica, o que origina um decréscimo do consumo. Em contrapartida, o consumo de energia elétrica tem tendência a aumentar uma vez que a necessidade de arrefecimento será igualmente superior.

Alguns meses, apesar de não serem abrangidos pelo período de funcionamento da caldeira, apresentam valores de gás consumido, tal como já foi referido. Isto verifica-se porque, por vezes, existe a necessidade de alargar o período de funcionamento consoante o conforto.

5.3. Emissões de CO₂

Na Figura 62 são apresentados os quilogramas de CO₂ referentes ao consumo de energia elétrica e gás natural, emitidos pelo edifício nos períodos de 2013 e 2014, que estão descritos nas várias faturas mensais.

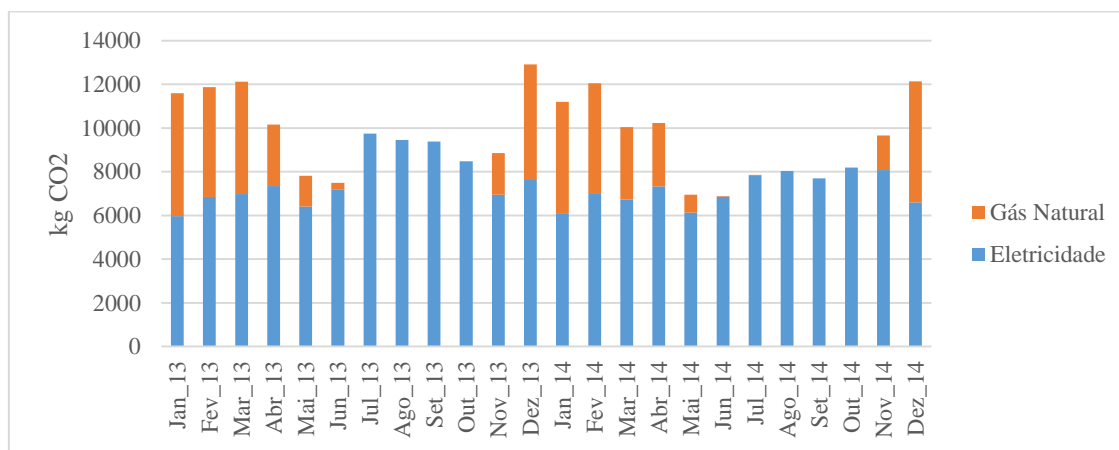


Figura 62 - Emissões mensais de CO₂ associadas ao consumo de energia elétrica e gás natural

As faturas de eletricidade dos meses de Fevereiro a Maio de 2014 não apresentam valores de GEE emitidos. Por essa razão decidiu-se apresentar uma estimativa das emissões tendo em conta a energia consumida e as emissões associadas aos restantes meses.

A fatura de gás natural do mês de Fevereiro de 2014 não se encontra disponível. Por essa razão, admitiu-se que o consumo e as emissões de CO₂ para o mês de Fevereiro de 2014 é igual ao de 2013.

Em média, as emissões mensais de CO₂ associadas ao consumo de energia elétrica rondam os 7460 kg. Para o caso do gás natural, a média mensal de emissões de CO₂ ronda os 2162 kg.

Em termos totais, no ano de 2013 foram emitidos 92 393 kgCO₂ associados ao consumo de energia elétrica e 27 531 kgCO₂ associados ao consumo de gás natural. Para o ano de 2014, no caso da energia elétrica, o valor assumiu 86 622 kgCO₂ e no caso do gás natural 24 359 kgCO₂.

5.4. Consumos totais de Energia Primária

Neste capítulo são apresentados os consumos anuais de energia primária, em quilogramas equivalentes de petróleo (kgep), relativos às duas formas de energia utilizadas no ICS, elétrica e gás natural.

Para se calcular os kgep é necessário ter em consideração os seguintes dados [8]:

- Fator de conversão Energia Elétrica = 2,5 kWh_{EP}/kWh
- Fator de conversão Combustíveis Gasosos = 1 kWh_{EP}/kWh
- 1 kgep equivale a 11,63 kWh_{EP}

em que, kWh_{EP} – Quilowatts Hora de Energia Primária.

Tabela 27 - Kgep associados aos consumos elétrico e de gás natural de 2013 e 2014

Tipo de energia	2013			2014		
	Consumo [kWh]	kgep	%	Consumo [kWh]	kgep	%
E. Elétrica	220 411	47 380	79	218 633	46 998	81
Gás Natural	149 626	12 866	21	132 387	11 383	19
Total	370 037	60 245	100	351 020	58 381	100

5.5. Intensidade Carbónica

Uma vez que já foram apresentados os consumos de energia primária e as emissões de CO₂, é possível determinar o índice de intensidade carbónica do edifício através da seguinte expressão:

$$IC = \frac{kgCO_2e}{C} [kgCO_2e/tep] \quad [2]$$

em que:

kgCO₂e – Emissão anual de GEE (kgCO₂e/ano)

C – Consumo anual de energia primária (kgep/ano)

Na Tabela 28 são apresentados os resultados referentes aos cálculos realizados através expressão anterior.

Tabela 28 - Intensidade Carbónica associada a cada ano

Tipo de Energia	2013			2014		
	Consumo [kgep]	Emissões CO ₂ [kgCO ₂]	Intensidade Carbónica [kgCO ₂ e/tep]	Consumo [kgep]	Emissões CO ₂ [kgCO ₂]	Intensidade Carbónica [kgCO ₂ e/tep]
E. Elétrica	47 380	92 393	1,95	46 998	89 102	1,90
GN	12 866	27 531	2,14	11 383	24 359	2,14
Total	60 245	119 924	1,99	58 381	113 461	1,94

Capítulo 6 – Medidas de Racionalização Energética

As medidas de racionalização energética têm como objetivo otimizar a utilização de energia, reduzindo o consumo energético e mantendo o conforto dos utilizadores.

A evolução da tecnologia está cada vez mais presente no nosso dia-a-dia. Vendo isto do ponto de vista do setor de serviços, nomeadamente, dos edifícios, existe uma necessidade imperativa de implementar esta evolução tecnológica na estrutura dos mesmos. Isto é alcançável através de conjuntos de medidas que ajudem a melhorar os respetivos sistemas, com consequências positivas em termos económicos.

Para se efetuar o estudo de viabilidade de cada melhoria é necessário ter em conta os custos de investimentos assim como a poupança anual monetária, de forma a ser possível determinar o *payback time* (tempo de retorno):

$$Payback = \frac{C}{P} \text{ (anos)} \quad [3]$$

sendo que:

C – custos de investimento (€) e

P – poupança anual que deriva da implementação da medida (€).

O valor de energia calculado é **0,06026** €/kWh, que é o resultado da soma das frações dos consumos em cada horário, sendo que os preços são 0,0533 €/kWh para o período de Vazio, 0,0662 €/kWh para o período de Ponta, 0,0616 €/kWh para o período de Cheia e 0,0473 €/kWh para o período de Super Vazio. Estes montantes foram retirados de uma fatura da GALP ENERGIA referente ao ano de 2015. Para além destes valores, foi igualmente tido em conta a percentagem de penetração de cada um dos períodos tarifários apresentada na Figura 58.

6.1. Melhoria 1 – Instalação de iluminação LED

A tecnologia LED foi a mais recente evolução no setor da iluminação, conseguindo obter elevadas reduções na fatura devido ao baixo consumo das lâmpadas. No caso das lâmpadas incandescentes, cuja produção de luz é efetuada através da queima de um filamento, existe um enorme desperdício de energia resultante dessa mesma queima e que é libertada sob a forma de calor – apenas 10% da energia é utilizada para produção de luz enquanto os restantes 90% são desperdiçados. No caso das lâmpadas LED tal não se verifica uma vez que a geração de luz é assegurada por uma corrente elétrica que passa pelos díodos. Por esta razão é possível obter reduções energéticas na ordem dos 90%, visto que as LED não libertam calor.

No estudo em questão propõe-se como primeira medida de melhoria a substituição da atual iluminação instalada no edifício por iluminação LED equivalente e com formato idêntico.

Na Tabela 29 a seguir é apresentado o tipo de iluminação atual instalada assim como a iluminação LED equivalente e o preço de aquisição da mesma. Nesta primeira fase da melhoria apenas são apresentadas as luzes cujos resultados são economicamente viáveis. Numa fase posterior serão igualmente apresentados os resultados referentes aos restantes tipos de luzes, ambiente ou candeeiro, no qual será demonstrado o porquê de não ser viável a instalação das mesmas. A aplicação desta melhoria é apenas referente à iluminação ambiente, não englobando a iluminação do tipo candeeiro.

Tabela 29 - Características da iluminação ambiente e investimento associado

Tipo	LED equivalente [W]	Duração Luz atual [h]	Duração LED [h]	Quantidade	Custo unitário LED	Investimento
FL T8 36 W	18	10.000	30.000	808	6,80 €	5.494,40 €
FL T8 23 W	12	10.000	30.000	6	9,15 €	54,90 €
Halogéneo 50 W	8	2.000	30.000	80	5,84 €	466,80 €
CFL 23 W	12	8.000	30.000	8	6,20 €	49,60 €

Os valores unitários descritos foram calculados através da média dos preços apresentados por várias empresas nos respetivos sítios *online*.

O investimento total de aquisição das lâmpadas LED é de 6.065,70 €.

Na Tabela 30 apresentam-se os restantes dados relativos à implementação da tecnologia LED no ICS.

Tabela 30 - Consumos, custos e respetivo *payback* da substituição

Tipo	Consumo anual - iluminação atual [kWh]	Consumo anual - LED [kWh]	Custo anual iluminação atual	Custo anual LED	Poupança anual	Tempo de retorno (anos)
FL T8 36 W	25462,6	13809,5	3.207,97 €	1.329,79 €	1.878,18 €	2,93
FL T8 23 W	318,5	166,18	39,43 €	15,58 €	23,85 €	2,3
Halogéneo 50 W	3715,7	984,1	333,41 €	87,70 €	245,71 €	1,9
CFL 23 W	641,1	334,46	55,24 €	26,04 €	29,20 €	1,7

Como é possível observar na tabela, em qualquer um dos tipos de tecnologia é possível recuperar o investimento num período tido como aceitável. O caso das FL T8 36 W é onde se verifica o pior tempo de retorno comparando com as restantes. Para esta tecnologia o retorno do investimento é alcançado ao fim de 2 anos e 11 meses, sensivelmente, enquanto para as outras, FL T8 23 W, halogéneo e CFL, os períodos rondam os 2 anos e 4 meses, 1 anos e 10 meses e 1 ano e 8 meses, respetivamente.

A poupança anual total que advém da instalação da tecnologia LED é de 2.096,44 €.

Em termos gerais, e tendo em conta o investimento inicial total descrito acima, espera-se obter o retorno do investimento em 2 anos e 11 meses.

Apresentadas as lâmpadas passíveis de implementar no ICS cujos resultados são positivos, passa-se agora à demonstração do porquê de não ser economicamente viável a instalação dos restantes tipos de lâmpadas.

Tabela 31 - Características da iluminação ambiente e investimento associado

Tipo	LED equivalente [W]	Duração Luz atual [h]	Duração LED [h]	Quantidade	Custo unitário LED	Investimento
Halogéneo 200 W	16	2.000	30.000	16	19,00 €	304,00 €
PLC 13 W	8	10.000	40.000	138	10,00 €	1.356,54 €
PL 9 W	6	10.000	40.000	39	9,43 €	367,77 €
CFL 11 W	6	8.000	30.000	26	6,20 €	126,36 €

Tal como no caso anterior, os valores unitários descritos foram igualmente calculados através da média dos preços apresentados por várias empresas nos respetivos sítios *online*.

O investimento total de aquisição das lâmpadas LED é de 2.154,67 €.

Tabela 32 - Consumos, custos e respetivo payback da substituição

Tipo	Consumo anual - iluminação atual [kWh]	Consumo anual - LED [kWh]	Custo anual iluminação atual	Custo anual LED	Poupança anual	Tempo de retorno (anos)
Halógeno 200 W	378,1	21,35	27,69 €	3,14 €	24,55 €	12,38
PLC 13 W	4682,1	2763,45	433,25 €	315,07 €	118,19 €	11,48
PL 9 W	416,5	278,03	41,11 €	31,86 €	9,25 €	39,73
CFL 11 W	513	260,48	54,12 €	26,98 €	27,15 €	4,65

Como se pode verificar na tabela acima, os primeiros três tipos de luzes apresentam períodos de retorno muito elevados, com claro destaque para as PL 9 W, o que indica que a substituição das lâmpadas atuais não é uma opção viável. O caso das CFL 11 W é um pouco especial, isto porque, apesar de apresentar um tempo de retorno superior ao que é suposto neste tipo de estudos (em termos de substituição de lâmpadas o tempo de retorno assume normalmente um valor entre 2 a 3 anos e neste caso o valor é de 4 anos e 8 meses) a diferença entre este valor e um valor tipicamente aceitável é reduzida, para além de que o tempo útil de vida das novas lâmpadas ronda os 11 anos, o que torna favorável a instalação, dentro dos possíveis. Por esta razão decidiu-se apresentar este tipo de luzes na parte considerada como não viável, visto que o seu período de retorno não é o mais indicado, apesar de não ser absurdo.

A poupança anual total que advém da instalação da tecnologia LED é de 179,14 €.

Em termos gerais, e tendo em conta o investimento inicial total descrito acima, espera-se obter o retorno do investimento em cerca de 12 anos.

Concluída a parte referente à luz ambiente passa-se agora à iluminação do tipo candeeiro. Apesar da utilização deste tipo de iluminação ser maioritariamente baixa efetuou-se igualmente o estudo para a substituição das atuais lâmpadas instaladas.

Tabela 33- Características da iluminação ‘candeeiro’ e investimento associado

Tipo	LED equivalent e [W]	Duração Luz atual [h]	Duração LED [h]	Quantidade	Custo unitário LED	Investimento
Halógeno 20 W	5	2.000	30.000	4	2,83 €	11,32 €
Halógeno 25 W	5	2.000	30.000	2	2,80 €	5,60 €
Halógeno 35 W	7	2.000	30.000	3	3,80 €	11,40 €
Halógeno 50 W	7	2.000	30.000	28	3,80 €	106,40 €
CFL 8 W	5	8.000	30.000	2	5,30 €	10,60 €
CFL 11 W	6	8.000	30.000	8	4,86 €	38,88 €
CFL 23 W	12	8.000	30.000	1	6,20 €	6,20 €
Incandescente 42 W	6	1.000	30.000	2	4,50 €	4,50 €
Incandescente 60 W	8	1.000	30.000	3	4,50 €	13,50 €
Incandescente 100 W	8	1.000	30.000	1	4,50 €	9,00 €

Tal como nos casos anteriores, os valores unitários descritos foram igualmente calculados através da média dos preços apresentados por várias empresas nos respetivos sítios *online*.

O investimento total de aquisição das lâmpadas LED é de 217,40 €.

Tabela 34 - Consumos, custos e respetivo payback da substituição

Tipo	Consumo anual - iluminação atual [kWh]	Consumo anual - LED [kWh]	Custo anual iluminação atual	Custo anual LED	Poupança anual	Tempo de retorno (anos)
Halogéneo 20 W	8,3	2,03	0,50 €	0,12 €	0,42 €	26,76
Halogéneo 25 W	5,1	1,01	0,31 €	0,06 €	0,39 €	14,22
Halogéneo 35 W	6,1	1,23	0,37 €	0,07 €	0,78 €	14,69
Halogéneo 50 W	355,5	49,79	21,42 €	3,00 €	24,11 €	4,4
CFL 8 W	4,4	2,75	0,27 €	0,17 €	0,45 €	23,36
CFL 11 W	193,9	105,77	11,68 €	6,37 €	9,14 €	4,25
CFL 23 W	0,7	0,61	0,33 €	0,04 €	0,30 €	20,42
Incandesc. 42 W	5,3	0,44	0,32 €	0,03 €	0,43 €	11,35
Incandesc. 60 W	9,8	1,31	0,59 €	0,08 €	0,82 €	16,43
Incandesc. 100 W	5,0	1,22	0,30 €	0,07 €	0,40 €	20,70

Como é possível observar na tabela, os períodos de retorno associados à substituição das lâmpadas dos candeeiros são, de uma forma geral, muito elevados. As duas únicas exceções são as luzes de halogéneo de 50 W e as CFL de 11 W. Devido à baixa quantidade de unidades por tipo de lâmpada e, principalmente, devido à pouca utilização diária das mesmas, o retorno que se obterá não é compensatório face ao referido investimento.

A poupança anual total que advém da instalação da tecnologia LED é de 37,24 €.

Em termos gerais, e tendo em conta o investimento inicial total descrito acima, espera-se obter o retorno do investimento em 5 anos e 10 meses.

Deve salientar-se que se estima que 112 unidades de lâmpadas fluorescentes T8 de 36W encontram-se desligadas, o que corresponde a cerca de 14% do total existente de luzes deste género. Tal como já foi referido, existem várias luzes que nunca estão a funcionar, sendo que algumas delas nem sequer têm lâmpada montada, como é o caso de uma grande parte da iluminação dos corredores e garagem. No caso das lâmpadas PLC de 13W existe igualmente uma parcela que não é utilizada, mais precisamente, 36 unidades, ou seja, 26%. Apesar destas unidades não serem atualmente utilizadas efetuou-se o estudo considerando o número total de lâmpadas existentes.

Não foi contabilizada a potência associada ao balastro de cada lâmpada tubular fluorescente. Para a substituição considerou-se apenas a potência da lâmpada.

Pelo facto dos investimentos serem elevados, recomenda-se que a substituição das lâmpadas seja efetuada de forma gradual – a última deve ser substituída antes da primeira chegar ao fim de vida – com o objetivo de evitar problemas de liquidez.

6.2. Melhoria 2 – Instalação de sensores de presença/movimento

Com o intuito de se reduzir os consumos a nível de iluminação, e tendo em conta que existem alguns espaços de ocupação temporária e intermitente no edifício, propõe-se a instalação de sensores de presença e/ou movimento.

É conhecido que a adequada utilização deste tipo de equipamento pode proporcionar poupanças significativas nas faturas mensais, relacionadas com a vertente da iluminação. A nível interior, ambientes com temporária e reduzida ocupação, como é o caso dos corredores e WC's, são os alvos mais habituais de instalar esta tecnologia.

Para o estudo em questão achou-se pertinente a instalação de sensores de movimento e interruptores crepusculares.

Em primeiro lugar é necessário identificar os locais onde será efetuada a instalação dos detetores. Segundo a informação disponibilizada por membros do ICS, para além da garagem e do corredor do piso -1, todas as instalações sanitárias já dispõem de equipamentos de deteção de movimento, pelo que estes espaços não serão alvo de nenhuma intervenção neste caso. Ultrapassada esta fase, é preciso escolher quais os sensores mais indicados a instalar em cada local.

Após uma cuidada análise dos vários locais a instalar os sensores, e tendo como base a distância abrangida pelos mesmos, aconselha-se a instalação de um total de 20 sensores de movimento, espalhados pelos corredores dos pisos 0 a 5 e pela sala de convívio do piso 5, e 2 interruptores crepusculares na biblioteca do piso 1.

Consideraram-se os seguintes modelos e respetivos preços:

- Sensor de movimento Esyluz MD 120 – 40 € por unidade
- Interruptor crepuscular Hager EEN101 – 160 € por unidade

O investimento total de aquisição e instalação dos sensores é 1.450,00 €.

Na Tabela 35 seguinte é apresentada a distribuição dos tipos de sensores pelos vários espaços do edifício.

Tabela 35 - Localização e tipo de sensores e respetivo investimento

Piso	Espaço	Tipo de sensor	Quantidade	Preço
0	Corredores laterais	Movimento	2	80 €
1	Corredor	Movimento	4	160 €
	Biblioteca	Crepuscular	2	320 €
2	Corredor	Movimento	3	120 €
3	Corredor	Movimento	3	120 €
4	Corredor	Movimento	3	120 €
5	Corredor	Movimento	3	120 €
	Sala de Convívio	Movimento	2	80 €

A poupança anual total que advém da instalação desta tecnologia é de 415,00 €. Este valor foi obtido através do cálculo do consumo elétrico poupado, ou seja, admitindo que os sensores efetuam um determinado número de ciclos ON/OFF e que cada ciclo tem a duração de vários segundos (60 ou 120 segundos, dependendo dos casos), este será o novo número de horas de funcionamento das luzes, substituindo as horas de funcionamento iniciais (8h ou 16h, dependendo dos casos). Com a introdução desta medida estima-se que se proporcione uma redução de 6887 kWh anuais, o que origina a poupança monetária acima descrita. Em termos gerais, e tendo em conta o investimento inicial total descrito acima, espera-se obter o retorno do investimento em 3 anos e 6 meses.

6.3. Melhoria 3 – Sistema de fechaduras eletrónicas de segurança e sistema de gestão de energia

Considerando que existem locais cuja ocupação é pouco frequente e, quando não ocupados, continuam a consumir energia sem necessidade, considera-se pertinente a instalação de fechaduras eletrónicas de segurança e associadas a um sistema de gestão de energia.

Um sistema de fechaduras eletrónicas com cartão é um sistema interno que controla toda a parte elétrica do espaço onde está inserido, neste caso, gabinetes, através de um economizador de energia. Com a colocação do cartão na ranhura do dispositivo, a fechadura abre automaticamente, sendo possível entrar no espaço e usufruir de todos os aparelhos elétricos em pleno, caso contrário não será possível sequer entrar no gabinete. Desta forma, aparelhos consumidores de energia, tais como os ventiladores de AVAC, iluminação, computadores e outros, estão definitivamente desligados nos períodos em que não há ocupação da sala. Para além do benefício proporcionado pela economia da energia elétrica, estes sistemas também aumentam a vida útil dos aparelhos elétricos e reduzem os gastos com manutenção.



Figura 63 - Sistema VingCard Signature RFID

Em relação ao sistema de gestão de energia, a sua função estabelecer as regras de consumo de uma determinada estrutura através de uma interação com os vários dispositivos. É este sistema que controla a entrada e saída de funcionamento desses dispositivos. Habitualmente, este tipo de aplicações estão destinadas a controlar não só os espaços de cada edifício mas também a vertente técnica, como é o caso do AVAC, em que se define precisamente os períodos no qual o AVAC está realmente a funcionar. Contudo, no caso de estudo em questão, a aplicação deste sistema apenas abrange os gabinetes, não existindo qualquer controlo na gestão de horários dos aparelhos pertencentes ao AVAC (com exceção dos ventiladores instalados em cada gabinete). Ou seja, mecanismos como o *chiller*, UTA, UAP e derivados, não são geridos pelo sistema de energia.

Pode-se entender o sistema de gestão de energia como uma forma de complementar o sistema inteligente de fechaduras, colmatando as suas falhas. A leitura do comportamento de cada gabinete é efetuada através dos economizadores de energia, que estão ligados aos sensores de movimento e de porta. Posteriormente, estes economizadores estão ligados, via *wireless*, a uma *gateway* que gere a informação recolhida e faz a comunicação ao PC da receção via *Ethernet*.

Com a implementação do conjunto destas duas tecnologias no edifício será possível ter um total controlo da movimentação e ocupação de cada gabinete, onde não existirão fugas relacionadas com o comportamento elétrico, assim como deixarão de existir os chamados consumos ‘parasitas’.

Em termos de eventuais impactos no comportamento dos utilizadores, espera-se que não existam grandes obstáculos na correta utilização destes dispositivos. O seu uso tem um carácter intuitivo e de fácil compreensão: quando os utilizadores se encontram dentro dos gabinetes (ou seja, com o cartão colocado na fechadura) podem usufruir de todas as funcionalidades

normalmente (computadores, luzes e climatização); no momento de fechar o gabinete, retirando o cartão da fechadura, todas essas funcionalidades ficam imediatamente desligadas; no caso de se entrar no gabinete com o cartão staff (por exemplo, quando as empregadas vão efetuar a limpeza), as funcionalidades são limitadas, sendo que a climatização continua desligada.

Com o objetivo de implementar estes dois sistemas nos 70 gabinetes do edifício, entrou-se em contacto com a empresa Assa Abloy Hospitality, especialista na área de dispositivos de segurança eletrónicos, para avaliação do caso de estudo e posterior apresentação de orçamento para cada um dos sistemas, fechaduras eletrónicas e sistema de gestão de energia.

No que toca às fechaduras eletrónicas, depois de ter sido efetuada uma avaliação de qual o equipamento mais indicado a instalar no edifício, considera-se pertinente a instalação do sistema VingCard, modelo Signature RFID, cujos componentes estão descritos na Tabela 36.

Tabela 36 - Componentes associados à instalação das fechaduras eletrónicas

Componentes	Quantidade	Preço
VingCard – Software VisiOnline	1	1.550,00 €
Cartões VingCard para investigadores / assistentes	200	130,00 €
Cartões VingCard para staff	50	84,50 €
Fechadura VingCard Signature RFID	70	9.800,00 €
Total		11.564,50 €

Em relação ao sistema de gestão de energia, modelo IView, os componentes necessários a instalar estão descritos na Tabela 37.

Tabela 37 - Componentes associados à instalação do SGE.

Componentes	Quantidade	Preço
Economizador de Energia	70	4.311,30 €
Sensor de movimento	70	2.958,20 €
Sensor de porta	70	1.899,80 €
Instalação	70	1.400,00 €
Total		10.569,30 €

O investimento inicial associado à instalação dos dois sistemas propostos é 22.133,80 €.

A empresa Assa Abloy Hospitality disponibilizou igualmente estimativas relativas às poupanças geradas que derivam da instalação destes dois sistemas. Foram tidas em conta as seguintes considerações: a ocupação anual é de 70%, o tempo de limpeza por gabinete é de 20 minutos, entre 15% a 20% de gabinetes vazios com climatização a funcionar e um custo de energia de 0,12 €/kWh. Com base nestas pressupostos, as estimativas apontam para uma poupança anual de 3.800€. Tendo em conta que o preço por kWh do ICS é cerca de metade (0,06 €/kWh) do considerado pela Assa Abloy, como foi mencionado no início do capítulo 6, estima-se que se gere uma poupança anual de 1.900 €.

Com base nesta poupança anual, o retorno do investimento será alcançado ao fim de 11 anos, aproximadamente. É certo que o período de retorno do investimento é longo, o que se torna pouco interessante, no entanto, é preciso ter em conta que a tecnologia em causa não requer manutenção, a não ser em caso de avaria, e que o tempo de vida estimado é bastante longo, ou seja, se, por parte dos utilizadores, existir cuidado e estimação pelos materiais constituintes do sistema (cartões e fechaduras) não será necessário dispensar economias na aquisição de novos materiais ou na manutenção dos existentes.

6.4. Melhoria 4 – Bombas de circulação com variação de velocidade

Como quarta melhoria propõe-se a substituição das bombas de circulação atuais por bombas de circulação com variação de velocidade.

São vários os casos em que as bombas operam constantemente a velocidade nominal, sendo que a variação do caudal é assegurada por uma válvula mecânica e a alteração o caudal é assegurada por um defletor. Nestas condições o caudal de ar sofre um estrangulamento, o que provoca perdas de carga e ineficiência.

Instalando bombas novas já com variadores de velocidade, ou simplesmente acoplando esses variadores às bombas já existentes, é possível controlar eletronicamente o fluxo de ar, variando a velocidade do motor e não obstruindo/modificando o caudal.

Em certos casos de aplicação de bombas altamente eficientes com variadores de velocidade, é possível obter poupanças até 50% [10].

Como foi mencionado no capítulo 4.1.1.8, existem 10 bombas de circulação, 5 para o *chiller* e 5 para a caldeira.

Na Figura 64 é apresentada a poupança estimada através de um simulador da empresa KSB. Este simulador efetua os cálculos de poupança baseando-se nas seguintes características: potência da bomba, velocidade de rotação, número anual de horas de funcionamento, preço da energia, perfil de carga ‘Blue Angel’ (44% do tempo a funcionar a 25% da potência nominal, 35% do tempo a funcionar a 50% da potência nominal, 15% do tempo a funcionar a 75% da potência nominal e 6% do tempo a funcionar a 100% da potência nominal) e classe de eficiência (IE2 ou IE3).

Your potential savings

Thank you very much for letting us convince you of the potential energy savings offered by KSB SulPremE® motors.
The following parameters have been entered:

Operating parameters	Rated power: 0.55 kW
	Rated speed: 3,000 rpm
	Operating hours per year: 1,250
	Energy price: 6 cent/kWh
Load profile	Blue Angel
Basis of comparison	IE2
Your potential savings*	8.04 €/Year

Figura 64 - Simulador de poupanças KSB (exemplo para bombas de 550 W).

Como se pode observar na Figura 64, a poupança anual estimada, relativa a uma bomba com potência de 0,55 kW, ronda os 8 €/ano, um valor muito reduzido.

Foram igualmente calculadas as poupanças para todas as bombas do edifício, apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 38 - Poupanças estimadas pelo simulador da KSB.

Potência	Quantidade	Poupança/bomba [€]	Poupança [€]
----------	------------	--------------------	--------------

0,37	1	6,20	6,20
0,55	2	8,04	16,08
0,75	3	9,85	19,7
1,5	3	15,45	30,9
2	1	18,09	18,09
Total			90,97

Tendo em conta que a aquisição de uma bomba encontra-se na ordem das centenas de euros, as poupanças obtidas são quase insignificantes, o que compromete por completo a viabilidade da aplicação. No entanto, existe a possibilidade de acoplar variadores de velocidade às bombas já existentes, pelo que se sugere a aquisição de um sistema idêntico ao PumpDrive da KSB. Desta forma, apesar das poupanças serem inferiores, uma vez que a eficiência do sistema é menor, o investimento inicial é bastante mais reduzido, o que é muito positivo e, possivelmente, compensatório.

Neste caso específico a poupança anual acaba por não ser compensatória face ao investimento que é necessário realizar. A razão principal para tal é o facto de existirem apenas bombas de pequenas dimensões. Isto é, as tão desejáveis poupanças na ordem dos 50% acima mencionadas apenas poderão ser alcançáveis em aplicações de nível industrial ou idêntico, em que as bombas instaladas têm potências elevadas, o que permitem poupanças superiores.

Para este caso de estudo, mesmo que a evolução tecnológica das bombas seja muito otimizada, a redução proporcionada pela substituição das mesmas nunca será muito compensatória. Outro aspeto que não ajuda à aplicação da proposta é o preço da energia elétrica. O facto de ser tão reduzido resulta num menor impacto na poupança gerada.

6.5. Melhoria 5 – Instalação de SST para substituir os termoacumuladores dos pisos 0 e 5

Como quinta medida de melhoria sugere-se a instalação de um sistema solar térmico na cobertura do edifício, com o objetivo de substituir os dois termoacumuladores dos pisos 0 e 5. Existe ainda um terceiro equipamento deste género, no entanto, não foi tido em conta nesta consideração uma vez que se optou por uma outra solução, explicada no capítulo seguinte.

Para o dimensionamento do projeto optou-se por sugerir o seguinte coletor térmico:

Tabela 39 - Descrição do coletor solar térmico dimensionado

Coletor solar térmico	
Marca	Delta Solar EPI 20
Área de abertura (m ²)	1,3
Rendimento ótico (%)	77

Para efeitos de simulação e dimensionamento, recorreu-se ao *software SolTerm 5.1*. Na Tabela 40 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é apresentado um conjunto de parâmetros a ter em conta para realizar a simulação.

Tabela 40 - Parâmetros de input a considerar no *software*

Parâmetros	Input
Clima e Local	Lisboa
Tipo de sistema	Circulação forçada
Coletor	Delta Solar EPI 20
Inclinação/Azimute	33º/Sul
Depósito	150 L
Apoio	Eletricidade
Consumo	100 L/dia (exceto domingos)

Optou-se por recomendar a instalação de um depósito de 150 L, em vez de 100 L (soma dos dois depósitos que serão substituídos pelo coletor solar). Tal sucede-se para aumentar a margem de utilização de água quente nos devidos locais.

Efetuada o dimensionamento do sistema, passa-se à análise energética, e, consequentemente, económica, de modo a averiguar a rentabilidade do projeto.

A Tabela 41 apresenta um resumo dos resultados obtidos da simulação.

Tabela 41 - Resultados obtidos da simulação do sistema solar térmico

Parâmetros	Resultado
Fração solar	60,3%
Rendimento global anual do sistema	40%
Produtividade anual (kWh/m ² coletor)	758
Carga anual (kWh)	1 638
Energia anual fornecida (kWh)	988
Energia anual necessária do apoio (kWh)	650
Rentabilidade (ao fim de 20 anos)	457 €

Pelo que se pode verificar, o lucro gerado pelo sistema solar térmico ao fim de 20 anos é bastante reduzido, cerca de 460 €, o que não deixa de ser compensatório. A razão principal pela qual se verifica tal resultado advém do facto de a energia ser comprada à rede por uma tarifa muito satisfatória, o que acaba por influenciar a poupança gerada pelo sistema.

6.6. Melhoria 6 – Substituição do termoacumulador do piso -1

Como foi referido no ponto 6.7, o sistema solar térmico dimensionado não abrange os consumos referentes ao termoacumulador do piso -1. Julga-se que seja mais vantajoso optar pela permanência de um equipamento idêntico ao instalado no local. No entanto, considera-se necessária a substituição deste equipamento por um de menores dimensões e potência.

O termoacumulador atualmente instalado no piso -1 tem uma potência de 2,5 kW e um depósito de 350 L. O objetivo deste equipamento é aquecer a água para ser usada na cozinha, principalmente nas lavagens da loiça, e na casa de banho, onde estão reunidas condições para a toma de banho. Acontece que, atualmente, são raras as ocasiões em que algum empregado toma

banho, pelo que se entende que não compensa ter um termoacumulador com potência e capacidade do depósito tão altas.

Por esta razão, propõe-se a troca do atual termoacumulador por um de dimensões inferiores. Considera-se que a capacidade de depósito mais indicada a instalar é 100 L, no entanto, um depósito de 50 L poderá ser suficiente.

Existem duas opções que se podem adotar: adquire-se um aparelho novo ou aproveita-se um dos aparelhos que estão instalados nas restantes cozinhas. Considerando que será efetuada a instalação de um sistema solar térmico que suprirá as necessidades das cozinhas dos pisos 0 e 5, a opção mais vantajosa é a segunda. Tendo em conta que os aparelhos deixarão de ser usados (visto que, em caso de existir pouca radiação, o sistema de apoio é assegurado por uma resistência elétrica com ligação à rede), é de grande interesse fazer-se o aproveitamento de um deles para aquecimento das águas sanitárias do piso -1. Julga-se que a melhor opção será substituir pelo do piso 5, devido ao pouco uso que este teve ao longo dos anos, comparativamente ao do piso 0, o que leva a crer que terá sofrido menor desgaste.



Figura 65 - Termoacumulador de 50 L do piso 5

Caso se pretenda optar pela compra de um aparelho novo, propõe-se a aquisição de um produto com capacidade de depósito superior à dos aparelhos instalados nos pisos 0 e 5. Desta forma tem-se uma melhor garantia de que as necessidades de água quente serão respondidas de uma forma mais satisfatória, caso exista a procura de uma maior quantidade. Como exemplo, optou-se por sugerir o seguinte produto:

- Termoacumulador marca Delta com 100L de depósito e potência de 1,5kW – 136,00 €

Segundo os cálculos efetuados, e tendo como base a tarifa de consumo apresentada no início do capítulo, 0,06 €/kWh, com a instalação de um termoacumulador com as características acima mencionadas, é possível obter uma poupança anual de 120€.

No caso de se substituir o equipamento atual pelo do piso 5 toda a poupança gerada é considerada lucro. No caso de se optar pela compra de um equipamento novo, o tempo de retorno é de 1 ano e 2 meses, aproximadamente.

6.7. Melhoria 7 – Instalação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo.

Neste ponto sugere-se a instalação de um sistema solar fotovoltaico com ligação à rede para autoconsumo. O objetivo é instalar um sistema de pequenas dimensões para consumo próprio, com a possibilidade de, em caso de haver produção excedente de energia, vender à rede. Neste caso, como a potência instalada é relativamente baixa, por estar limitada à área existente, a tendência será a energia ser autoconsumida no edifício, existindo raras situações (ou mesmo nenhuma) em que a produção fotovoltaica é superior ao consumo do mesmo. No entanto, na eventualidade de ocorrer uma diminuição do consumo (caso o edifício feche para férias, por exemplo), é possível obter algum retorno através da venda da energia elétrica à rede.

Como foi mencionado no capítulo 2.6, não existe qualquer tipo de tecnologia, de energia renovável, instalada no edifício. Isso sucede-se porque a área disponível no telhado é um pouco escassa para aplicações de maior envergadura, o que limita bastante as opções (ver Figura 66).



Figura 66 - Área disponível para instalação do PV – orientada a Norte (fonte: Google Earth)

A área disponível para instalar os painéis está delineada, a cor preta, na Figura 66, somando um total de 180 m² (60 m² + 120 m²).

A proposta é composta pelos constituintes apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Descrição dos constituintes do sistema PV

Material	Quantidade
Módulos PV – Luxor LX-280M	16
Inversor	1
Estrutura de fixação	1
Contador de energia	1
Cablagens	1
Instalação e testes	1
Valor da proposta	6.560 €

Para efeitos de simulação e dimensionamento, recorreu-se novamente ao *software SolTerm 5.1*.

Na Tabela 43 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é apresentado um conjunto de parâmetros a ter em conta para realizar a simulação.

Tabela 43 - Parâmetros de input a considerar no *software*

Parâmetros	Input
Clima e Local	Lisboa
Tipo de sistema	Ligado à rede
Painel	Luxor lx-280M
Potência nominal	280,4 Wp
Área de abertura	1,64 m ²
Quantidade de painéis	4 grupos com 4 módulos/grupo
Potência nominal total	4,5 kW
Área de abertura total	26,2 m ²
Inclinação/Azimute	34°/Sul

O modelo escolhido foi um Luxor LX-280M, com uma potência máxima de 280 Wp e uma área de 1,64 m². Tendo em conta a área de telhado disponível, propõe-se a instalação de 16 destes módulos, o que perfaz um total de 4,5 kW de potência e 26,2 m² de área.

Tabela 44 - Resultados obtidos da simulação do sistema fotovoltaico

Parâmetros	Resultado
Rendimento global do sistema	12,1%
Produtividade (Wh/Wp)	1 270,9
Energia anual disponível (kWh)	47 160
Energia anual fornecida ao sistema (kWh)	5 701
Poupança anual	344 €

Considerando que não existe produção fotovoltaica superior ao consumo do edifício (no capítulo 4.1.3 foi mencionado que o consumo registado pelo analisador de redes mantém uma potência instantânea a rondar os 10 kW, mesmo em período de Vazio, Super Vazio e fins de semana, cerca do dobro da potência solar fotovoltaica instalada), não é necessário realizar a venda do excedente à rede, sendo por isso, tudo autoconsumido. Posto isto, admite-se que os 5,7 MWh são consumidos pelo edifício, o que se traduz numa poupança anual de 344 €, aproximadamente, tendo em conta o preço do kWh referido no início do capítulo 6 (0,06026 €/kWh).

Com base nesta poupança, estima-se que o período de retorno seja de 19 anos, aproximadamente.

Este resultado vem demonstrar que a cobertura do ICS não tem condições para acolher a instalação de um sistema solar fotovoltaico que seja economicamente viável, uma vez que a área disponível é relativamente reduzida e a tarifa de consumo paga é muito favorável.

6.8. Melhoria 8 – Mudanças de horários de algumas salas

Neste capítulo é apresentada uma proposta passiva de ser implementada no edifício, com o objetivo de diminuir a fatura energética através da reorganização dos horários de trabalho de alguns espaços.

Um dos objetivos da ERSE é incentivar a uniformização do consumo elétrico ao longo do dia. Para tal, são atribuídas tarifas elevadas nos períodos em que é mais provável consumir energia. Tendo esta ideia como base, é possível obter poupanças relevantes através da marcação de eventos, não só constantes, como as aulas, mas também esporádicos, como é o caso das conferências, para períodos de menor custo.

Como já foi referido, o período tarifário Ponta é o mais dispendioso, sendo por isso o período a ‘evitar’.

No piso 0 é onde se situam os espaços com maior variabilidade de ocupação, sendo que nos pisos superiores, 1, 2, 3, 4 e 5, a ocupação é mais constante devido à rotina diária da maior parte dos investigadores e assistentes. Desta forma, as salas onde ocorrem as aulas, palestras e seminários são importantes nesta vertente uma vez que fatores como a iluminação, computadores, projetores e derivados, estão a ser utilizados por vezes em horas mais dispendiosas.

Com isto, considera-se pertinente a alteração de horários dos eventos que decorrem durante o período de Ponta para horas pertencentes ao período de Cheia (os períodos de Vazio Normal e Super Vazio não englobam horas diurnas). Os locais abrangidos por esta medida são o auditório, a sala polivalente, a sala de seminários e as salas de aulas.

Tomemos como exemplo o auditório, em que é relativamente fácil de contabilizar as horas em que é utilizado devido ao pouco uso. Como foi referido anteriormente no capítulo 3.8, o auditório contabiliza um valor anual a rondar as 140 horas. Deste total, cerca de 60% sucedeu-se no período entre as 14h e as 20h, ou seja, 90 horas, aproximadamente.

No caso do período de Inverno, em que a tarifa Ponta é atribuída ao período das 17h até às 22h, é pertinente optar pelo período matinal e evitar que sejam efetuadas marcações a partir das 17h.

No caso do período de Verão, em que a tarifa Ponta é atribuída ao período das 14h até às 17h, é pertinente optar pela marcação da sala para o período matinal, ou então para o final da tarde, a partir das 17h.

Em relação às salas de aula, verifica-se também uma superioridade no período de aulas lecionadas na parte da tarde relativamente ao período da manhã. Tal verifica-se igualmente na sala de seminários, em que se regista um domínio de eventos marcados para o período da tarde em relação ao período da manhã.

A sala de conferências/polivalente apresenta uma distribuição mais uniforme dos eventos ao longo do dia.

Desta forma, sugere-se igualmente a alteração da marcação dos eventos, quer em salas de aula, quer na sala de conferências, para o período matinal com vista a evitar as horas mais dispendiosas.

Devido ao facto destes espaços terem agendas bastante preenchidas, não foi possível estimar as poupanças associadas a esta medida. No entanto, visto que esta medida não acarreta custos e que se trata de uma questão meramente logística, considera-se pertinente o incentivo à marcação de eventos/aulas para os períodos acima mencionados.

Capítulo 7 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

A realização desta dissertação surgiu da necessidade de proporcionar melhorias nas condições de certos edifícios pertencentes ao campus da UL, em particular, ao Instituto de Ciências Sociais. O objetivo deste trabalho foi portanto efetuar uma auditoria energética ao ICS, sendo o foco principal o estudo dos consumos de energia elétrica e de gás natural, apresentando propostas que proporcionem o aumento da eficiência energética do edifício.

Através a análise das faturas mensais disponibilizadas é possível afirmar que, em termos de valores anuais, a parte elétrica corresponde a uma parcela de 61%, enquanto a parte do gás natural corresponde a uma parcela de 39%. Associadas a estes consumos vêm as emissões de CO₂, que, em média, rondam 90 toneladas para o caso da energia elétrica e 25,5 toneladas para o caso do gás natural. Assim sendo, a intensidade carbónica assume um valor a rondar os 2 kgCO₂/tep, quer para 2013, quer para 2014.

No período de Verão verifica-se um aumento do consumo de energia elétrica, devido ao funcionamento do *chiller*, enquanto no Inverno esse aumento verifica-se no consumo de gás natural, devido ao funcionamento da caldeira.

O consumo elétrico do setor do AVAC é o que tem maior percentagem, cerca de 50% do total do edifício.

Os setores que sucedem o AVAC são o Material Informático, com 15%, e a Iluminação, com 13%.

Relativamente às estimativas de consumos, quer ao nível da eletricidade, quer ao nível do gás natural, os resultados obtidos foram satisfatórios. Os desvios foram +1,04% em 2013 e +1,88% em 2014 para a eletricidade, e -9,9% em 2013 e +1,81% em 2014, para o gás natural.

Durante o levantamento energético foi possível perceber que já houve certas intervenções com foco na melhoria da eficiência do edifício. Um exemplo disso é a iluminação presente no átrio central do piso 0, em que a maioria das lâmpadas existentes é de tecnologia LED. Para além deste, existem ainda outros espaços já com iluminação LED, como é o caso da biblioteca do piso 1.

Com a realização deste estudo foi possível avaliar, tanto o potencial fotovoltaico, como o solar térmico, e determinar que, em termos económicos, a viabilidade das aplicações fica aquém das expectativas, principalmente no caso do solar térmico. Estes resultados são justificados por uma tarifa elétrica muito competitiva.

Desta forma, em termos de medidas de racionalização energética, sugere-se a aplicação das seguintes:

- Melhoria 1 – Iluminação LED
- Melhoria 2 – Sensores de movimento
- Melhoria 3 – Sistema de fechaduras inteligente e Sistema de Gestão de Energia
- Melhoria 6 – Substituição do termoacumulador do piso -1
- Melhoria 8 – Mudanças de horários

É preciso salientar que, associada à melhoria da iluminação LED vem o facto de as necessidades de arrefecimento no Verão serem ligeiramente inferiores, o que provocará uma pequena redução nas horas de funcionamento do *chiller*. Em contrapartida, no Inverno, as necessidades de aquecimento serão ligeiramente superiores, o que significará um maior consumo de gás natural.

Como foi explicado no capítulo 6.1, isto verifica-se porque a tecnologia LED não emite radiação infravermelha e, como tal, não emite calor.

De todas as lâmpadas que foram alvo de análise para substituição por LED, sugere-se a instalação das unidades descritas na Tabela 30/Tabela 31 e da unidade CFL 11W descrita na Tabela 32/Tabela 33.

Com base nas conclusões redigidas, crê-se que o objetivo da dissertação foi atingido uma vez que, para além dos consumos terem sido alvo de uma profunda análise, a aplicação das medidas acima mencionadas proporcionará um significativo aumento da eficiência energética do edifício, o que trará benefícios em termos da faturação mensal.

Capítulo 8 – Referências bibliográficas

- [1] Internacional Energy Agency, “Energy Efficiency Market Report,” 2015.
- [2] R. P. Alves and T. O. da Silva, “Políticas Públicas de Energia em Portugal,” *Bol. Mens. Econ. Port.*, vol. 6, 2011.
- [3] J. Sousa, “O paradigma da eficiência energética dos edifícios,” *Clim. - Edifícios e Energ.*, 2012.
- [4] T. P. Isolani, R. C. Adiconsum, F. C. Ademe, F. P. Escan, A. O. Adiconsum, and I. O. Deco, “Eficiência energética nos edifícios residenciais,” 2008.
- [5] Direção Geral de Energia e Geologia, “Despacho nº 15793-F/2013,” no. 26, pp. 26–31, 2013.
- [6] Liebert, “Hiross Hiflex,” 2002.
- [7] S.- Gobain and W. Cimenfix, “Ficha De Dados Clorodifluormetano (R22),” *Air Liquide*, pp. 1–6, 2010.
- [8] Direção Geral de Energia e Geologia, “Despacho nº15793-D/2003,” *Diário da República*, no. 13, p. 35088, 2013.
- [9] Engenho e Média, “Monitorização,” *Industria e Ambiente*, p. 54, 2013.
- [10] REXEL, “Soluções de Variação de Velocidade.pdf.”

Capítulo 9 – Anexos

Anexo 1 – Planta piso -1

Nota: a numeração dos espaços está desatualizada.



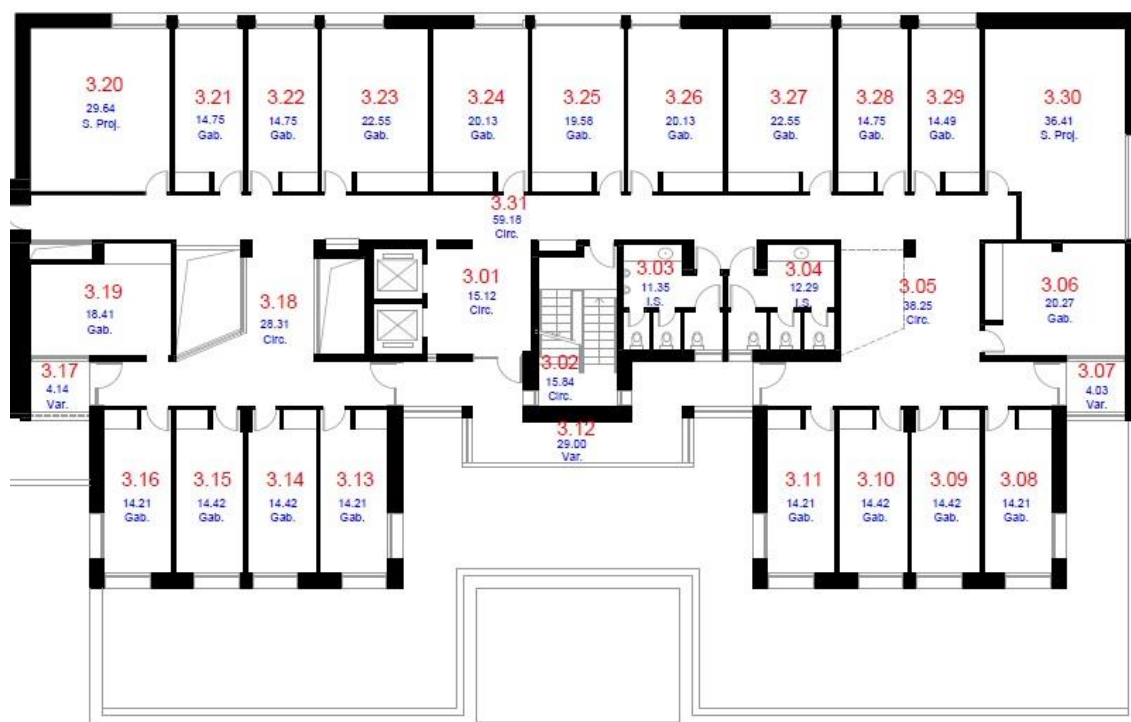
Anexo 2 – Planta do piso 0

Nota: a numeração dos espaços está desatualizada.



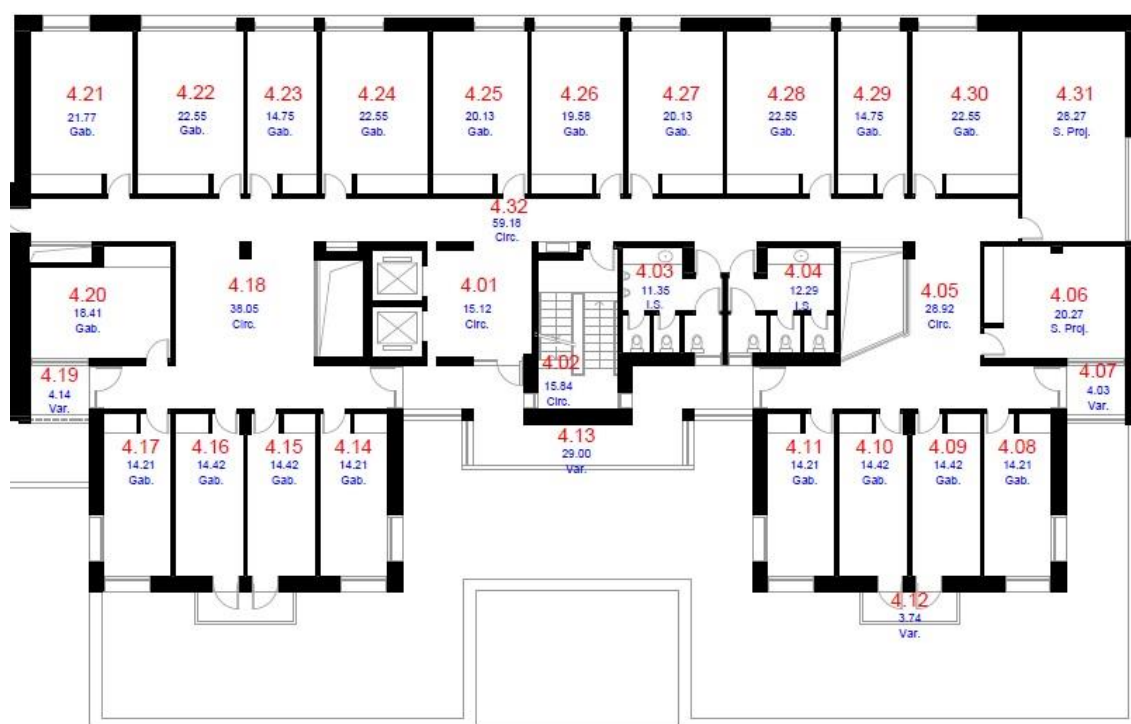
Anexo 5 – Planta do piso 3

Nota: a numeração dos espaços está desatualizada.



Anexo 6 – Planta do piso 4

Nota: a numeração dos espaços está desatualizada.



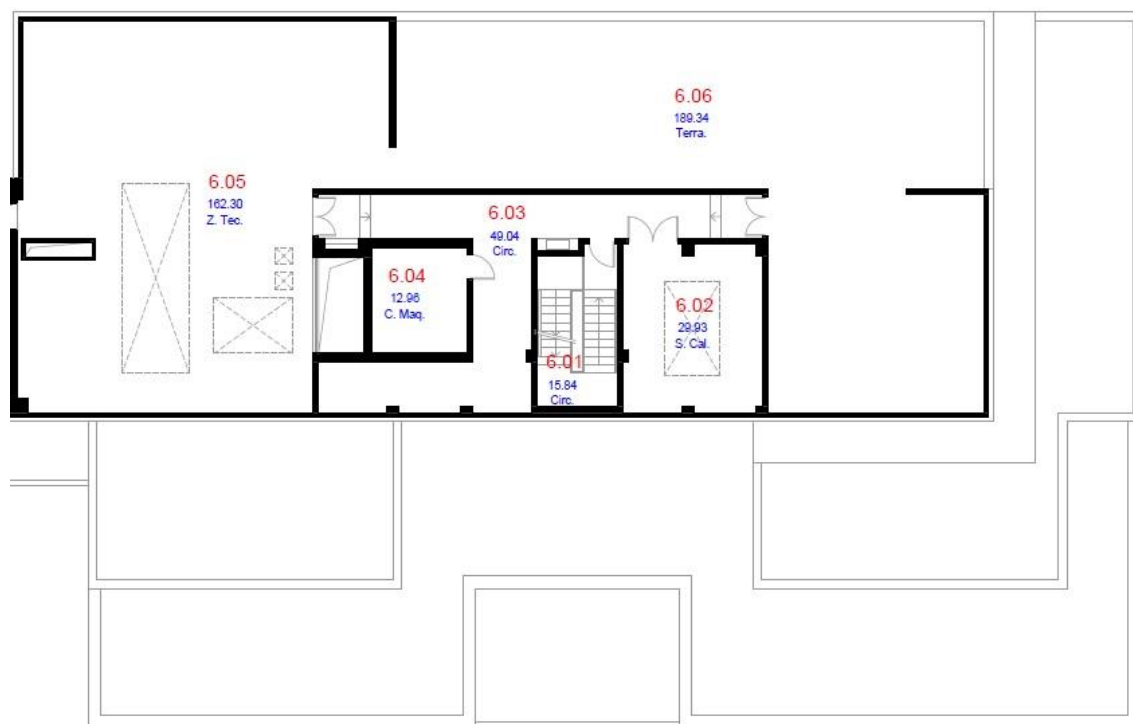
Anexo 7 – Planta do piso 5

Nota: a numeração dos espaços está desatualizada.

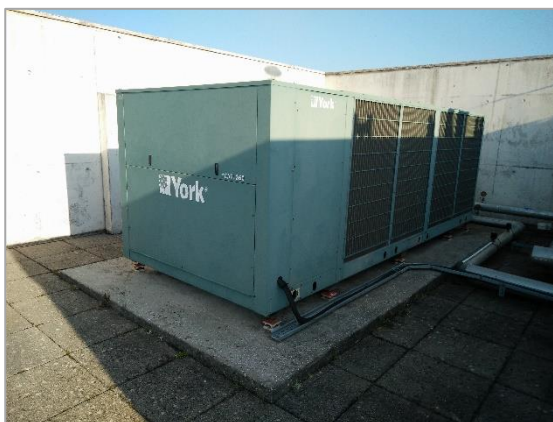


Anexo 8 – Planta do piso 6

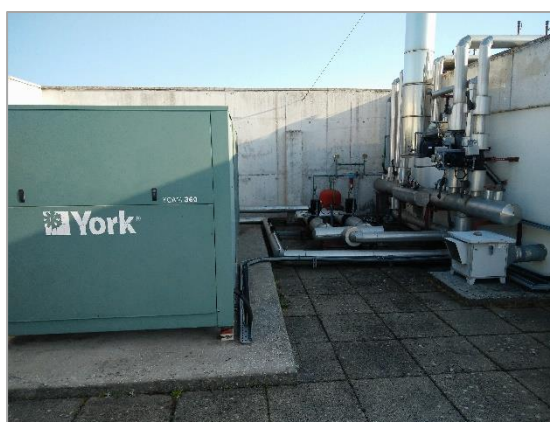
Nota: a numeração dos espaços está desatualizada.



Anexo 9 - *Chiller*



Anexo 10 – *Chiller conjunto*



Anexo 11 – Bombas Ida *Chiller*



Anexo 12 – Bombas Retorno *Chiller*



Anexo 13 – Tubagens *Chiller*



Anexo 14 – Caldeira



Anexo 15 – Caldeira conjunto



Anexo 16 – Bombas Ida Caldeira



Anexo 17 – Bombas Retorno Caldeira



Anexo 18 – Tubagens Caldeira



Anexo 19 – UTA



Anexo 20 – UAP



Anexo 20 – V.E. 6.1



Anexo 21 – V.E. 6.2



Anexo 22 – V.E. 6.3



Anexo 23 – U.E. 6.1



Anexo 24 – U.E. 6.2



Anexo 25 – UCL's 2º piso



Anexo 26 – Equipamentos de AVAC



Anexo 27 – Motores dos elevadores principais



Anexo 28 – Elevadores principais



Anexo 29 - Motor de um elevador secundário



Anexo 30 – Elevador secundário



Anexo 31 – HPAC Centro de Informática



Anexo 32 – HPAC piso -1



Anexo 33 - Termoacumulador 50L (Piso 0)



Anexo 34 - Termoacumulador 350 L (Piso -1)



Anexo 35 – Arcas refrigeradoras



Anexo 36 – Sensor de movimento



Anexo 37 – Quadro Geral

